

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Řízení vytápění v inteligentních budovách

The Heating control in the Smart Home

Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Martínek**
Studijní program: **B2649 Elektrotechnika**
Studijní obor: **2612R041 Řídicí a informační systémy**
Téma: **Řízení vytápění v inteligentních budovách**
The Heating Control in the Smart Home

Zásady pro vypracování:

Proveďte řízení vytápění v inteligentní budově pomocí vybraného sběrnicevého systému. Vyhodnoťte možnosti realizace vzdáleného komfortního řízení vytápění.

Cíl:

Řízení vytápění v inteligentní budově s ohledem na úsporu energie.

Body zadání:

1. Analýza způsobů provedení řízení vytápění v inteligentních budovách.
2. Porovnání možností komfortního řízení vytápění pomocí, v současnosti dostupných, sběrnicevých systémů na trhu s využitím moderních technologií.
3. Zpracování a návrh modelu pro simulaci řízení vytápění ve vybraném sw nástroji (např. Matlab, Simulink, LabVIEW apod.) pro Smart Home.
4. Zhodnocení dosažených výsledků práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

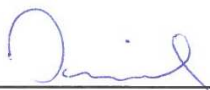
- [1] MERZ, H., T. HANSEMANN a Ch. HÜBNER. *Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. 261 s. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [2] VALEŠ, Miroslav. *Inteligentní dům*. 1. vyd. Brno: ERA, 2006. 123 s., il. (část barev.). ISBN 80-7366-062-8.
- [3] VALTER, Jaroslav. *Regulace v praxi, aneb, Jak to dělám já*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2010. 169 s. ISBN 978-80-7300-256-5.
- [4] VLACH, Jaroslav. *Řízení a vizualizace technologických procesů*. Praha: BEN-technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-66-X.
- [5] PATTENDEN, Steve. *SmartHouse Code of Practice*. CENELEC, 2005. s. 230. CWA 50487, Ref. No. CLC/TR 50487:2005 E.
- [4] VAŇUŠ, Jan. *Řízení provozu budov*. učební text. Ostrava: VŠB TU Ostrava, 2013.
- [5] HARPER, Richard. *Inside the smart home*. New York: Springer, c2003. xi, 264 p. ISBN1-85233-688-9.
- [6] CLEMENTS-CROOME, Derek. *Intelligent buildings: design, management and operation*. Reston, VA: ASCE Press, distributor, 2004, xiv, 408 p. ISBN 0-7277-3266-8.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

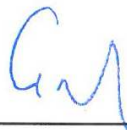
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Vaňuš, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015



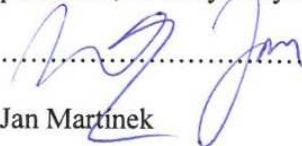
doc. Ing. Jiří Koziolek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých bylo čerpáno.


.....
Jan Martinek

Datum odevzdání přepsané bakalářské práce: 17. 7. 2015

V Ostravě

dne 17. 7. 2015

Poděkování

Tato závěrečná práce byla vypracována v rámci projektu Příležitost pro mladé výzkumníky, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/30.0016, podpořeného Operačním programem Vzdělávání pro konkurenceschopnost a spolufinancovaného Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Děkuji především panu Ing. Janu Vaňušovi, Ph.D., za poskytnuté cenné konzultace při přípravě mé bakalářské práce.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je analýza způsobů provedení řízení vytápění v moderních inteligentních budovách. V bakalářské práci je proveden reálný pokus ochlazení místností na budově MSDK. Identifikace ochlazení místností je uskutečněna pomocí nástrojů MATLAB® a MATLAB® Simulink®. Ve virtuálním nástroji od NI LabVIEW® je simulováno ochlazení a oteplení místností. Dále se práce zabývá identifikací prvků vytápění a způsobem řízení vytápění v systému DESIGO®.

Klíčová slova

Sběrnice, Vizualizace, NI LabVIEW®, MATLAB®, MATLAB® Simulink®, Vytápění, Identifikace, Řízení vytápění

Abstract

The aim of this work is to analyze ways of performing the heating control in modern intelligent buildings. The work is made real attempt to cool the rooms on the building MSDK. Identification of cooling rooms are made using tools MATLAB® Simulink® and MATLAB®. In the virtual instruments from NI LabVIEW® is simulated cooling and warming rooms. Furthermore, the work deals with the identification of elements of heating and control method of heating system DESIGO®.

Keywords

Bus, Visualization, NI LabVIEW®, MATLAB®, MATLAB® Simulink®, Heating, identification, control heating

Seznam použitých symbolů a zkratk

KNX®	Standard, jehož cílem je nabízet jednotný systém provozu budov.
PLC	Programmable logic controller.
NI LabVIEW®	Virtuální prostředek pro programování v grafickém modu.
PC	Osobní počítač.
MATLAB®	MATrix LABoratory – interaktivní programové prostředí 4. generace.
IB	Inteligentní budova.
P	Proporcionální složka regulátoru.
I	Integrační složka regulátoru.
D	Derivační složka regulátoru.
Simulink®	Nástroj v MATLAB® pro simulaci matematických výpočtů.
PI System®	Program pro zobrazení dat na dálku.
DESIGO®	Systém pro řízení provozu budov od Siemens®.
RS 232, 485	Sběrnice dálkového přenosu dat.
HVAC	Heating, ventilation and air conditioning.
OPC	Standard umožňující komunikaci mezi průmyslovými PC.
LAN	Local area network.
CFC editor	Program pro programování funkčních schémat v DESIGO®.
D-MAP	Grafické programování v DESIGO®
MSDK	Moravskoslezský dřevařský klastr.
I/O	Vstupně výstupní porty.
SCADA	Supervisory control and data acquisition.
HMI	Human- machine interface.
SW	Software.
HW	Hardware.
XWORKS®	Nástroj pro vytváření projektu a řízení programu pro řízení vytápění.
Windows®	Operační systém od firmy Microsoft®
PDA	Personal digital assistant

Obsah

1 Úvod	2
1.1 Minimalizace spotřeby energie v IB.....	3
1.2 Řízení vytápění v IB pomocí PLC.....	3
1.3 Životní styl obyvatel IB a energická náročnost	4
1.4 Prediktivní metodologie v řízení vytápění v IB.....	4
2 Způsoby provedení řízení vytápění v inteligentních budovách.....	5
2.1 Specifikace inteligentní budovy	5
2.2 Analýza způsobů provedení řízení vytápění v IB.....	5
2.3 Ego-n® od ABB®.....	5
2.4 iNELS®.....	6
2.5 EATON® xComfort®.....	7
2.6 Tecomat ® Foxtrot®	8
2.7 Siemens® Synco living®.....	8
3 Sběrnice v inteligentních budovách.....	10
3.1 Specifikace sběrnice	10
3.2 BACnet®.....	11
3.3 KNX®	11
3.4 M-Bus®.....	12
3.5 LonWorks®.....	13
3.6 ModBus®	13
4 Simulace řízení vytápění v sw nástrojích	15
4.1 MATLAB ®	15
4.2 Identifikace teplotní křivky ochlazení v MATLAB ® Simulink ®.....	15
4.3 Simulace teplotní křivky ochlazení místnosti v MATLAB ® kódování.....	17
4.4 Kontrola a porovnání výsledků identifikace ochlazení místností v MATLAB ®.....	18
4.5 Stabilita výsledného systému ochlazení místností.....	19
5 NI LabVIEW®	20

5.1 NI LabVIEW simulace ochlazení v místnosti č. 203	20
5.2 NI LabVIEW simulace regulace teploty v IB	21
6 Řízení vytápění.....	23
6.1 Dřevostavba MSDK při VŠB – TU Ostrava, FAST.....	23
6.2 Řízení tepelného čerpadla.....	23
6.3 Systém DESIGO® Insight® pro řízení vytápění	24
6.4 Blokové schéma technologie vytápění DESIGO® na MSDK	26
6.5 Prvky řízení vytápění na dřevostavbě MSDK	27
6.6 Programování systému DESIGO™.....	32
6.7 Popis nástroje DESIGO™ XWORKS® na MSDK	32
7 Závěr.....	36
Použitá literatura	
Seznam obrázků	
Seznam příloh a tabulek	
Přílohy	

1 Úvod

Už v minulých letech vznikla otázka, jak nejlépe vytopit domácnost. Způsobem, jak řídit vytápění v inteligentních budovách, se v současné době zabývá mnoho firem. Tyto společnosti se snaží v této sféře vyvíjet nové technologie řízení vytápění. Řízení vytápění s propojením sběrnice systému se ukázalo jako nejlepší řešení.

V teoretické části bakalářské práce je rozebrána analýza způsobů řízení vytápění. Zabývá se problematikou řízení vytápění s ohledem na potřeby obyvatel inteligentní budovy. Poté tato kapitola navazuje na porovnání sběrnic pro řízení vytápění v inteligentních budovách. Taktéž je proveden pokus ochlazení místností na budově MSDK.

V praktické části bakalářské práce je detailně popsán systém DESIGO®. Je zde identifikace HW prvků řízení vytápění a jejich propojení přes sběrnici BACnet®. Hierarchie systému DESIGO® v SW nástroji XWORKS® je popsána v poslední kapitole bakalářské práce.

1.1 Minimalizace spotřeby energie v IB

Kvůli zmenšení spotřeby vytápění v inteligentních budovách je možné vytvořit tepelný model systému. Ten je spojován s fyzickou strukturou budov s naměřenými vnitřními teploty a odhadem výstupních teplot. Nicméně tento model vyžaduje podrobné specifikace všech fyzických prvků, které mohou mít vliv na tepelné podmínky budovy. To může omezovat jejich použití zejména v obytných budovách, kde je tento model ovlivněn lidskou činností. Příkladem takového ovlivnění modelu je vaření, které vede k oteplení nebo naopak otevírání oken, což vede k úniku tepla. Tyto poruchy systému jsou však díky tomuto modelu úspěšně opraveny. [1]

Aby bylo sníženo celkové množství energie používané v IB, a zvýšil se komfort obyvatel domu, existuje pro tento účel řídicí systém s multi-teplotními zóny. Typické systémy s podporou multi-zónového vytápění vyžadují rozsáhlou infrastrukturu. Podstatou je bezdrátová komunikace řídicího systému a snímačů, umístěných v jednotlivých místnostech. Snímače odebírají data z místností, jakými jsou světlo, vlhkost a teplota v prostoru. Tyto data jsou odesílány do řídicího systému, který je vyhodnocuje. Poté spíná ochlazení nebo ohřívání topení v závislosti na výsledcích přijímaných dat. Tento nový systém snižuje dobu běhu HVAC a tím i množství energie. [2]

Energetický management může snížit náklady na energii u spotřebičů, jelikož může přispět k vyrovnaní spotřeby elektřiny. Snižuje celkové náklady na systém s komplexním řešením. Experimentální výsledky týkající se navrhovaného systému řízení HVAC jsou testovány v konceptu proof-of-is na bázi autonomního vytápění. V porovnání s klasickými variantami řízení vytápění jsou úspory tohoto autonomního systému o 10 % úspornější. [3]

1.2 Řízení vytápění v IB pomocí PLC

Systém řízení vytápění je ovládán pomocí miniPLC. Je navržen tak, aby zvýšil energickou účinnost budovy a snížil množství oxidu uhličitého v prostoru. Systém je postaven na Linuxovém jádru a je ovládán ze vzdáleně přístupného bodu přes protokol WSN. Hlavní řídicí jednotka komunikuje s miniPLC, která kontroluje parametry HVAC vytápění v budově. Informace získává pomocí zpětné vazby přes WSN od spojených uzlů snímačů. Mezi tyto informační parametry patří teplota, tlak, vlhkost vzduchu a množství oxidu uhličitého ve vzduchu. WSN uzly jsou propojeny v síťové topologii typu hvězda. Komunikují přes HUB s řídicí jednotkou. Informace nasbírané přes protokol WSN jsou určeny k výpočtu odhadu žádaných tepelných hodnot s ohledem na větrání a předpověď počasí. [4]

1.3 Životní styl obyvatel IB a energická náročnost

Životní styl a zvyky obyvatelů domu mají přímý vliv na energickou náročnost obydli. V přelidněných oblastech velkoměst se musí přizpůsobit chování obyvatel domu k úsporám na energiích. Proto je vhodné vytvořit prediktivní řízení na základě obsazenosti obyvatel v domě pro optimalizaci řízení HVAC. To spočívá na základě nastavení citlivosti řídicího systému. Jsou nastaveny především varianty obsazenosti obyvatel řízeného v čase a pravidelnost jejich příchodu do domu. Pak jsou vytvořeny modely pro tyto varianty a jsou podrobně testovány. Výsledkem analýzy je pochopení chování obyvatel domu v závislosti na spotřebě energie v čase. Díky této analýze lze navrhnout regulátor. [5]

1.4 Prediktivní metodologie v řízení vytápění v IB

Předpovídání teplot umožňuje preciznější řízení HVAC a tedy i lepší energické účinnosti. Použitím bezdrátových senzorů pro monitorování a předpověď teplot je umožněno řídit vnitřní teplotu s vysokou účinností. Systém se podstatě učí z naměřených hodnot a z historických databází ovlivňovat vnitřní teplotu po vytvoření příslušného algoritmu. Po ověření těchto dat lze udělat simulační studie typu Bayesian modelu. Tato aplikace je založena na vysoké přesnosti a bezchybnosti. Architektura implementovaného algoritmu je velice složitá a náročná, avšak hardwarové prostředky systému jsou jednoduché a levné prvky. [6]

Velkou nevýhodou těchto systémů je, že vyžadují mnoho výpočetních vzorců a implementace kódu. Další nevýhodou je velký počet parametrů, které musejí být naladěny. Výsledkem může být i nerealistické řízení vytápění, které je stvořeno chybou při výpočtech modelu. Použitelnost těchto systémů je navíc velice omezená a nákladná. [7]

2 Způsoby provedení řízení vytápění v inteligentních budovách

2.1 Specifikace inteligentní budovy

Inteligentní budova je taková budova, která je schopná se přizpůsobit změnám ve způsobech jejího užívání a změnám životního stylu jejích obyvatel a nepřestává jim sloužit a vytvářet příjemné a odpovídající prostředí. IB kombinují inovace technologického i organizačního charakteru s lokálními i centrálními principy automatizovaného řízení tak, aby maximalizovala rychlost návratu investic do budovy vložené. IB je budovou plně vybavenou automatizační, informační a komunikační technikou, která slouží jednak přímo svým obyvatelům, jednak pro pohodlí, komfort a hlavně pro úsporu jednotlivých energií. Hlavními přínosy IB jsou[8]:

- Zvýšení komfortu poskytovaných služeb
- Snížení spotřeby energií
- Snížení provozních nákladů
- Zvýšení produktivity
- Zrychlení návratnosti investice
- Prodloužení životnosti budovy

2.2 Analýza způsobů provedení řízení vytápění v IB

Firmy, které se zabývají provedením řízením vytápěním v inteligentních budovách:

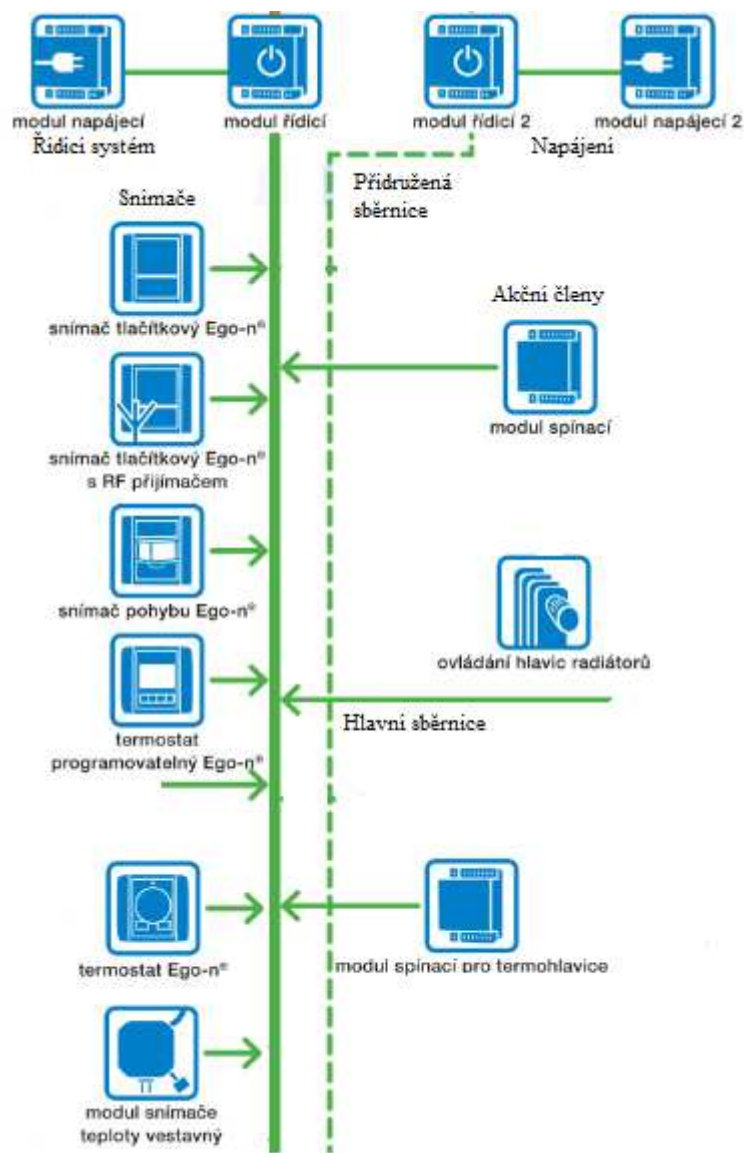
- ABB® Ego-n®
- iNELS®
- EATON® xComfort®
- Tecomat® Foxtrot®
- Siemens® Synco living®

Nejdůležitějšími aspekty pro výběr způsobu řízení vytápění je integrace systému s jinými systémy, cena, otevřenost, případný servis, spotřeba energie, ovládání, mobilní a vizualizační prostředky, množství produktů na trhu apod. Tyto věci lze porovnat a analyzovat jejich přednosti, ale i jejich nedostatky a zápory.

2.3 Ego-n® od ABB®

Systém Ego-n® je sběrníkový systém umožňující vzájemné propojení až 512 systémových prvků – snímačů a akčních členů. Ke sběrnici jsou připojeny všechny snímače (systémové vypínače, pohybová čidla, termostaty atd.) a akční členy (přístroje umístěné převážně v rozváděči obsahující silové prvky pro ovládání spotřebičů). Tyto komponenty systému (snímače a akční členy) jsou navzájem ovládány pomocí datových zpráv vysílaných podle

předem naprogramovaného příkazu nebo naměřené hodnoty. Základní funkce prvků systému je nastaveno pomocí tlačítek na přístrojích bez nutnosti použití počítače. Složitější instalace s pokročilými funkcemi jsou oživeny pomocí jednoduchého a bezplatného softwaru Ego-n® Asistent. [9]



Obrázek 1 Bloková struktura Ego-n® [9]

2.4 iNELS®

iNELS® představuje řešení elektroinstalačního systému. Uplatnění nachází v novostavbách, v rekonstruovaných domech nebo bytech, v kancelářích, menších firmách či komerčních prostorech (restaurace, hotely).

Sběrníkový UTP kabel propojuje všechny senzory (například tlačítka, vypínače, PIR senzory). Tato sběrnice je napojena na centrální jednotku (CU-01M), která dále propojuje jednotlivé aktory-

spínače, vytápění. Prvky systému je možné, kromě klasického způsobu, ovládat také pomocí počítače v síti, přes internet, ale také prostřednictvím GSM telefonu. Měnit nebo si volit nové funkce systému je možné pomocí software iNELS® Manager, který byl vyvinut pro tento systém. Je možné obdržet SMS zprávu o tom, co se právě v objektu děje. Například že PIR detektor zaznamenal pohyb v objektu, nebo že došlo k výpadku proudu atd. O tom všem je schopen systém svého uživatele informovat. Zajímavostí je také ovládání pomocí IR ovladače, kdy je možné systém naučit reagovat na běžné ovladače k DVD, TV apod. Přínosem této elektroinstalace je hlavně komfort spojený s ovládáním, ušetřené peníze za menší množství spotřebované elektrické energie v rámci úsporného řízení vytápění. [10]



Obrázek 2 Ukázka propojení systému iNELS® [10]

2.5 EATON® xComfort®

Jedná se o systém, který komunikuje obousměrně přes bezdrátový signál, bez potřeby jakékoliv komunikační sběrnice. Systém inteligentní elektroinstalace xComfort® je schopen nabídnout na velmi vysoké úrovni regulaci vytápění a chlazení. Lokální ovládání a vizualizace je doplněno o dálkový dohled přes internet díky Smart Manageru. I když je systém xComfort® uzavřeným systémem z hlediska vnitřní komunikace mezi komponenty, obsahuje vizualizační a komunikační interface. Tato rozhraní jsou spojena přes standardy USB, RS232, nebo ethernetové IP

komunikace a je možné na základě otevřeného a podrobně popsaného komunikačního protokolu integrovat xComfort® do jakéhokoliv nadřazeného systému. xComfort® je tak přístupný ke spolupráci s jakýmkoliv systémovým integrátorem. Tato funkce je ověřena u vybraných systémů. [11]

2.6 Tecomat® Foxtrot®

Řízení HVAC a koordinace procesů inteligentní budovy je optimalizována pro vyšší úspory spotřeby médií. Základní modul má vlastnosti kompaktního systému - vedle komunikačních rozhraní obsahuje vstupy, výstupy a displej s tlačítky. Periferní moduly mohou být připojeny k základnímu modulu systémovou sběrnici (TCL2) až na vzdálenost 1,700m. Vedle rychlého 100Mb Ethernet® a dvou komunikačních kanálů disponuje Tecomat® Foxtrot® zcela unikátní sběrnici CIB (Common Installation Bus). Díky ní je možné k řídicímu systému připojit libovolně distribuované inteligentní elektroinstalační prvky CFox. Tvorba a ladění programů pro systémy Tecomat se navrhuje v prostředí Mosaic. Respektuje normu IEC61131-3 a 4 druhy jazyků. Jsou zde nástroje pro snadnou a intuitivní tvorbu programů: Nastavení parametrů regulačního obvodu, on-line programování, archivace projektu v paměti systému nebo Web Maker pro tvorbu systémového webového rozhraní. Existuje i bezdrátový systém RFox pro připojení inteligentní elektroinstalace. [12]

2.7 Siemens® Synco living®

Synco living® je obsáhlý systém automatizace domácnosti s širokým sortimentem přístrojů. Systém umožňuje řídit HVAC, pohodlně zapínat a vypínat elektrické spotřebiče a monitorovat místnosti vaší domácnosti pomocí kouřových detektorů. Systém dokáže ukázat, která okna jsou otevřená, sdělit aktuální venkovní teplotu, atmosférický tlak a nabízet snadný a pohodlný způsob ovládání světel a rolet. Díky použití mezinárodně uznávaného komunikačního protokolu KNX® mohou vzájemně komunikovat elektrické přístroje, HVAC a domácí spotřebiče různých výrobců. To také umožňuje integraci dalších komfortních bezpečnostních a energeticky úsporných funkcí. Kromě bezdrátové komunikace KNX® centrální jednotka systému Synco living® dokáže komunikovat s dalšími přístroji také po datové sběrnici.



Obrázek 3 Přehled senzorů a ovládacích prvků od Synco living® [13]

Jednoduché zobrazení údajů o spotřebě tepla, chladu, studené a teplé vody, plynu a elektrické energie jsou zobrazeny ve vizualizaci. Funkční vybavení systému Synco living® je rozšířeno o odečet údajů o spotřebě a jejich automatické zasílání firmám, které provádějí rozúčtování nákladů na jednotlivé uživatele. [13]

Výsledné porovnání vybraných systémů podle různých aspektů je zobrazeno v tabulce číslo 1.

Systém	Cena	Mobilní aplikace	Bezdrátová komunikace	Inteligentní budova/byt/velké haly	Otevřenost s jinými systémy	Ovládání
Ego-n®	Vysoká	iOS, Andr.	ANO	IB, hotel, byt	ANO	TV, panel
iNELS®	Podle	iOS, Andr.	ANO	Renovace bytu, IB	ANO	TV, panel+ tablet
xComfort®	Podle z.	Andr, WP	ANO	IB, hotel	NE	TV, panel
Foxtrot®	Podle z.	Andr.	ANO	Byt, IB, VH**	NE	TV, tablet
Synco living®	Vysoká	iOS, Andr.	ANO	IB	ANO	TV, panel

Tabulka č. 1 Porovnání systémů řízení vytápění

Vysvětlivky k tabulce: + - uživ. panel, ** - Velké haly, WP –Windows phone®, Andr. – Android®

3 Sběrnice v inteligentních budovách

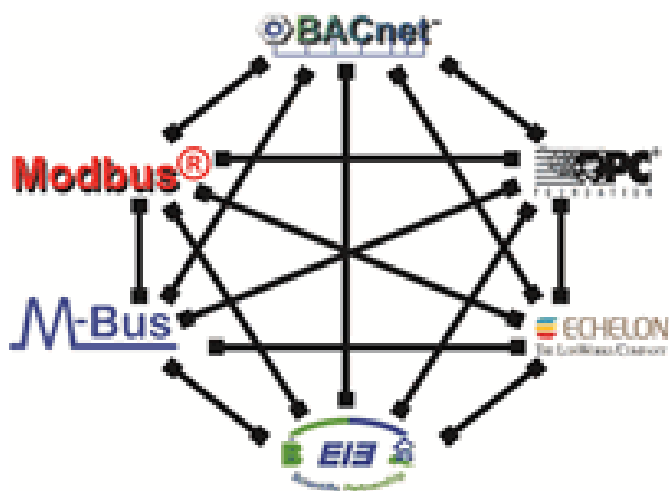
3.1 Specifikace sběrnice

V průmyslové automatizaci byla již dříve vytvořena řada standardů, ale teprve v 80. letech se začaly vyvíjet sběrnice a komunikační standardy určené pro automatizaci provozu budov. V roce 1990 začala Evropská Unie vybírat standardy ze stávajících protokolů blízkých tomuto oboru. V této oblasti jsou důležité znát dva pojmy [14]:

- Protokol – Soubor pravidel pro komunikaci mezi dvěma nebo více uzly (systémy, regulátory).
- Sběrnice – Skupina signálových vodičů, kterou lze rozdělit na skupiny řídicích, adresových a datových vodičů.

Sběrnice mezi sebou musí komunikovat. Důležitá je znalost údajů o propojení a zachování stejného silového vedení. Informace ze sběrnice nemusí vždy šířit pouze kabely, ale i telekomunikačně. Sběrnice, určené ke komunikaci v inteligentních budovách, jsou rozděleny na:

- Vytápění (HVAC).
- Zabezpečení a protipožární ochrana.
- Osvětlení a řízení elektrických rozvodů.
- Sledování přístupu osob a ovládání IT.



Obrázek 4 Propojení jednotlivých komunikačních protokolů [14]

3.2 BACnet®

Je určen především pro automatizační a operátorskou úroveň automatizace budov. Největší jeho výhodou je formulace univerzálního popisu všech funkcí zařízení. Je celosvětově uznávanou normou. [15]

Pro přenos informace tímto protokolem se užívají dva způsoby:

- Přes síť Ethernet - je to nejpoužívanější metoda přenosu dat po sběrnici (10MBps – 100MBps).
- Přes RS-485 – Typem MASTER/SLAVE.

Specifikace BACnet®:

- Objekty jsou datové body, požadované hodnoty, časové programy, kalendáře.
- Služby se používají jako alarmy, správa událostí, časování, trendy, správa zařízení a sítě.
- Standardy komunikačních médií: Ethernet®, LonTalk®, RS232.

3.3 KNX®

Tato sběrnice vznikla z elektroinstalační sběrnice Instabus® firmy Siemens®. KNX® má větší objem funkcí pro integraci a spojení s nejrůznějšími přístroji. Často se užívá obou názvů na značce protokolu výrobku tohoto protokolu. Na tuto sběrnici lze zapojit maximálně 64 zařízení. Informace jsou předávány v tzv. telegramech. Telegram putuje do liniových spojek, které rozdělují informace do přiřazených větví. Důležitým signálům je přiřazena vyšší priorita, aby telegram dorazil rychleji na své místo a s nižší odezvou. Systém KNX® je vytvořen primárně pro elektroinstalaci. Programování se odehrává v systému ETS. Přenosová média lze dělit [15]:

- Kroucený vodič (EIB-TP).
- Síťové vedení (EIB-PL).
- Přenos signálu rádiem (EIB-RF).
- Přenos přes Ethernet (EIBnet/IP).

Montáž elektroinstalace zvládne vyškolený instalatér, jednoduše nastaví snímače a ovládací prvky. Změna elektroinstalace je provedena bez jakéhokoli fyzického zásahu do elektrické instalace, ale jen do programové části sběrnice. Z praktického hlediska se použitím sběrnice KNX® se u osvětlovací techniky budovy lze uspořit až 60 % elektrické energie. Konfigurace zařízení KNX® je provedena v:

- A-mode – automatické nastavení, které je na trhu distribuováno, aby si jej uživatel sám nastavil.
- E-mode – jsou to zařízení, na které musí mít uživatel praxi a mít na něj školení od KNX®.

- S-mode – Tato zařízení označená touto značkou musí být instalována odborníkem.

Mezi hlavní komponenty standardu KNX® patří:

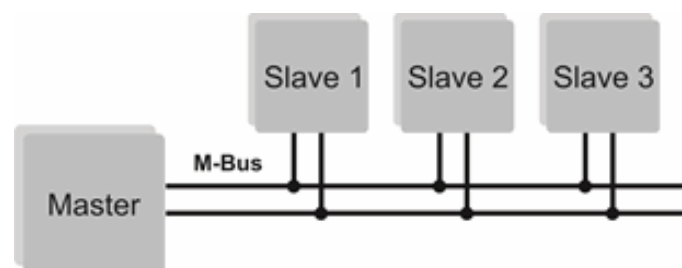
- Senzory – zaznamenávají fyzikální veličiny v prostoru sběrnice a posílají je dál.
- Akční členy – Přijímají telegramy, jsou závislé na žádosti aplikace.

KNX® se integrují v následujících systémech:

- Ovládání osvětlení.
- HVAC.
- Zabezpečení a alarmové upozornění.
- Řízení klimatizace.
- Měření množství elektřiny, plynu, vody.
- Poskytování hudby a videa.

3.4 M-Bus®

Aplikace sběru dat z měřičů odběru nejrůznějších médií je nejdůležitějším přínosem sběrnice M-Bus. Musí zajistit velké množství zařízení na velké vzdálenosti. Během přenosu dat nesmí dojít k chybám zabezpečení.



Obrázek 5 Komunikace sběrnice M-Bus [14]

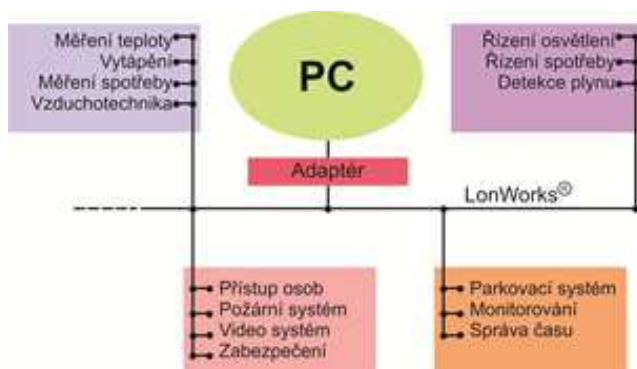
Data jsou přenášena asynchronně s délkou 8 bitů a sudou paritou. Komunikaci může přirovnat ke sběrnici UART s propojením MASTER/SLAVE podle obr. 6. Řídicím faktorem je MASTER a ostatní zařízení ve sběrnici jsou SLAVE. Přenáší se pomocí 1 a 0 a rychlost přenosu je 300 – 9600 Bd. Systém je rozdělen na zóny a ty se skládají ze segmentů se vzdálenými opakovači, které jsou řízeny řídicími zóny. Komunikace se uskutečňuje prostřednictvím sériové linky RS-232.

3.5 LonWorks®

Tato sběrnice patří již od 90. let ke sběrnicím na nejnižší automatizační úrovni. Základem je čip jmenující se Neuron, ten obsahuje všechny důležité funkce sběrnice. Protokol se jmenuje LonTalk® a komplexní soubor je označen jako LonWorks®. Je složena z decentralizovaného sběrnicevého systému se sériovým přenosem zpráv. Skládá se z jednotlivých uzlů, což lze vidět na obrázku 6. Neuronový čip obsahuje paměti, časovač, I/O část a komunikační sběrnici.

Sběrnice může přenášet informaci několika metodami:

- Kroucené páry vodičů
- Elektrorozvodná síť
- Vysokofrekvenční rádiové vlny
- Infračervené spojení
- Koaxální kabel
- Skleněná vlákna



Obrázek 6 Komunikace sběrnice LonWorks [14]

Přenosová rychlost se pohybuje v rozpětí od 600 b/s až 1,25 Mb/s, záleží však na vzdálenosti a použití daného média. Firmware je částečně otevřený pro firemní účely a dostal standard EIA-709. V praxi je kladen důraz na délku sběrnice.

3.6 ModBus®

Otevřený protokol ModBus® je vhodný hlavně v propojení různých zařízení (PLC, I/O, vzdálené periférie). Umožňuje tak přenášet data po různých sítích a sběrnicích. Nejenomže je využitelná v průmyslových aplikacích automatizace, ale i v oboru řízení provozu budov. Komunikace je založena na principu předávání datových zpráv mezi klientem a serverem.

Modbus® funguje na úrovni protokolu PDU nezávisle na typu komunikační vrstvy. Rozsah kódu je 1 až 255, mezitím od 128 do 255 je vyhrazeno pásmo pro oznámení záporné odpovědi. Obsahem přenosu kódu je například adresace a počet vstupů, kterou má server přečíst a vyhodnotit. Známe dva režimy zabezpečení:

- MODBUS RTU – Mezery mezi znaky musí být souvislé, začátek a konec zprávy je identifikován podle 3,5 znaku.
- MODBUS ASCII – Je oproti RTU pomalejší a začátek zprávy je indikován znakem „:“

Porovnání jednotlivých sběrnic podle využití v IB, maximální délky sběrnice, typu propojení mezi HW, původu sběrnice v rámci státu a rychlost přenosu dat je vyobrazeno v tabulce číslo 2.

Sběrnice	Využití	Max. délka sběrnice	Typ propoj.	Inteligentní budova/byt/velké haly	Původ	Rychlost
BACnet®	Zabezpečení, HVAC, osvětlení	Záleží na typu zapojení	Ethernet®, RS23, RS485, bezdrát. připojení	IB, byt	USA	Až 100MB/s
KNX®	Zabezpečení, HVAC, osvětlení	Záleží na typu zapojení	Ethernet®, RS23, RS485, bezdrát. připojení	IB, byt, VH	EU	9600 Bd
M-Bus®	měření spotřeby energie	Velké vzdálenosti	RS232 – MASTER/SLAVE	IB, byt, VH	EU	Až 9600 Bd
LonWorks®	Zabezpečení, HVAC, osvětlení	Záleží na typu zapojení	Ethernet®, RS23, RS485,	IB, byt, VH	USA	Až 1,25 Mb/s
ModBus®	Zabezpečení, HVAC, osvětlení	Záleží na typu zapojení	Ethernet®, RS232, RS485, ModBus plus	IB, byt, VH	EU/FR	Až 9600 Bd

Tabulka číslo 2- Porovnání sběrnic pro řízení vytápění

4 Simulace řízení vytápění v sw nástrojích

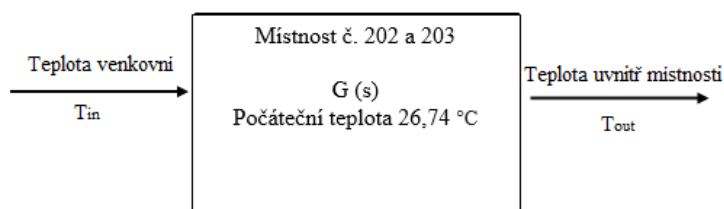
4.1 MATLAB ®

Je to nástroj pro výpočet složitých matematických funkcí a rovnic, dokáže vypočítat diferenciální rovnice s mnoha proměnnými a poté tento výsledek simulovat do grafu. Řeší jak jednoduché matematické výpočty, tak i složitější matematické úlohy typu Fourierova analýza, filtrování, numerické výpočty a diferenciální rovnice apod. Je postaven na grafickém základu pro vytváření 2D a 3D modelování výsledku výpočtu. Má v sobě kompilátor s využitím maximálního výkonu procesoru PC. Kooperuje s ostatními aplikacemi a algoritmy s různými programovacími jazyky jako jsou například C, Java, .NET, Microsoft® Excel®. Mezi hlavní příklady použití tohoto programu patří [16]:

- Numerické výpočty.
- Analýza dat a jejich vizualizace.
- Programování a vývoj algoritmu.
- Vývoj aplikací.

4.2 Identifikace teplotní křivky ochlazení v MATLAB ® Simulink ®

Na obrázku číslo 7 je zobrazen teoretický model přenosu se vstupními a výstupními hodnotami teplot. Podle tohoto modelu se navrhne identifikace ochlazení místností na MSDK.

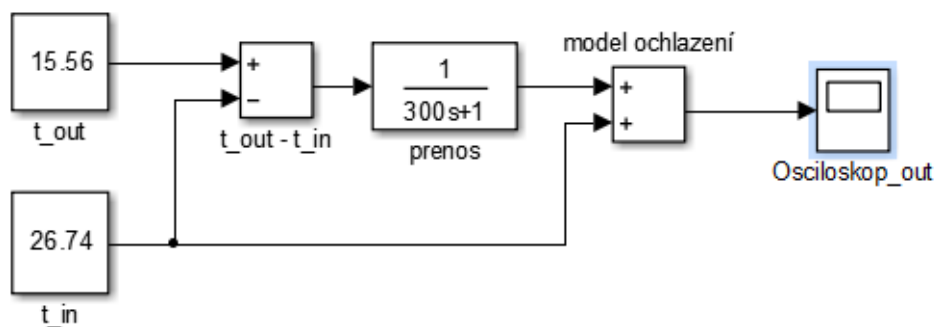


Obrázek 7 Přenos se vstupními a výstupními teplotami

Je-li doba průtahu nulová a odezva systému má průběh podobný odezvě systému se setrvačností 1. řádu, je možné systém popsat přenosem F podle (1) :

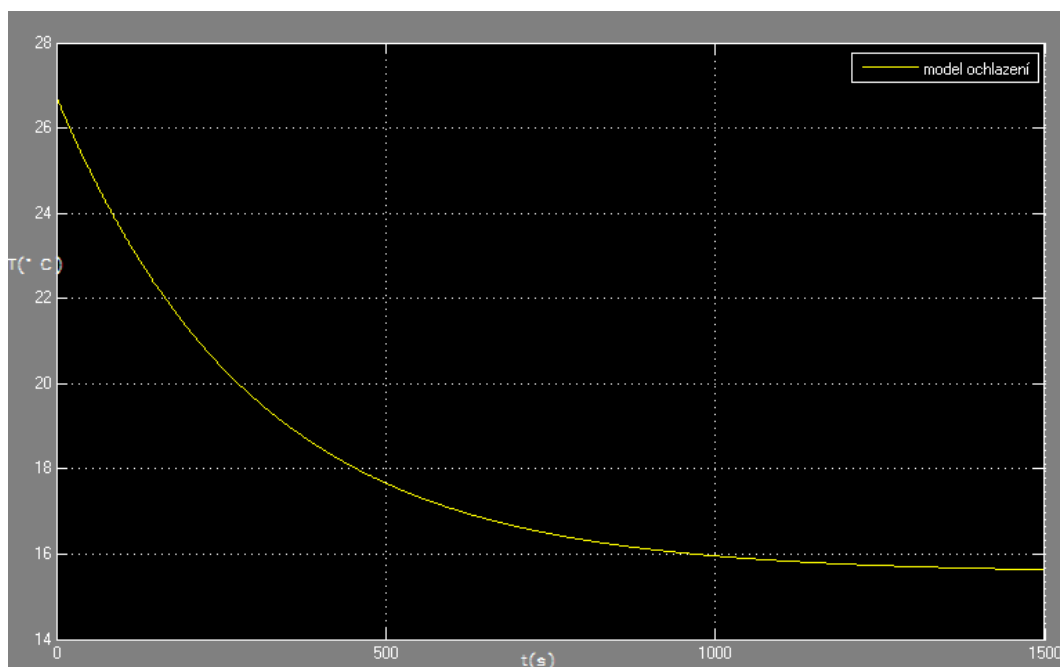
$$F(p) = \frac{K}{Tp + 1} \quad (1)$$

V MATLAB® Simulink® lze tento průběh teplotní křivky nasimulovat z naměřených hodnot pokojových teplot a venkovních teplot při otevření oken v místnostech na MSDK.



Obrázek 8 Dynamický systém řízení vytápění sestavený v MATLAB® Simulink®

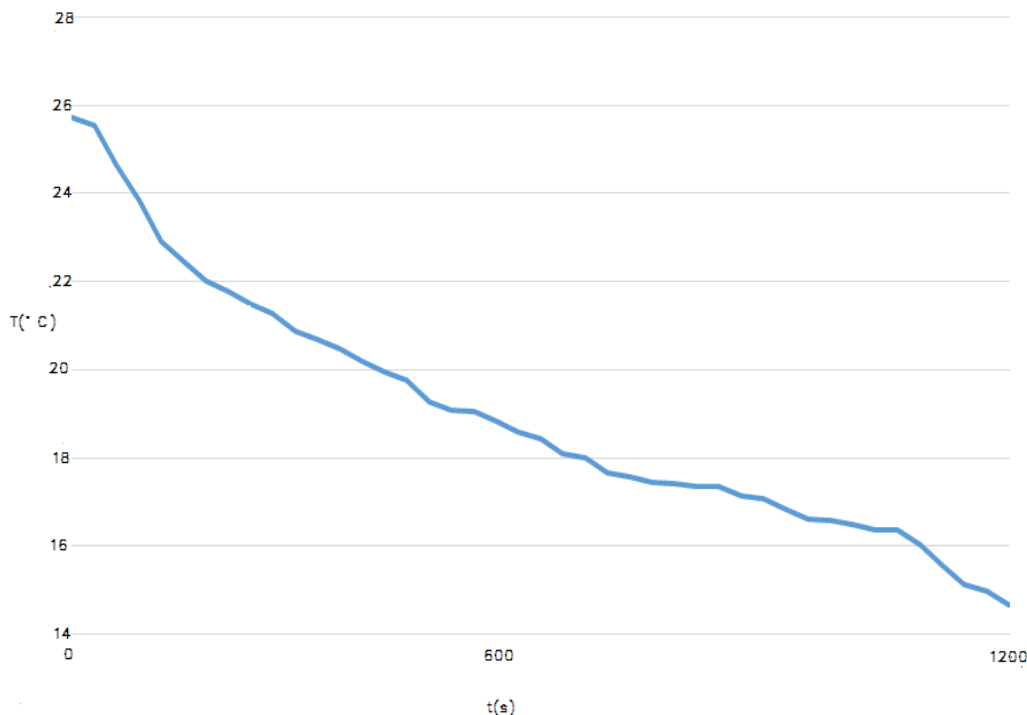
T_{out} je venkovní teplota odečtená od teploty vnitřní. T_{in} je vnitřní teplota místnosti, která bude po otevření oken klesat až do velikosti teploty venkovní. $T_{out}-t_{in}$ je odečet těchto dvou hodnot, dochází zde k výpočtu hodnoty vstupní teploty pro operaci přenosu systému. *Přenos* je vypočten pro přenos systému ochlazení se setrvačností 1. řádu. Je tak navrhnut, neboť při ochlazení nebo oteplení křivky nedojde ke stavům rozkmitání systému nebo k dopravnímu zpoždění. Místnosti se přímo ochladí/ oteplí, neboť se tento proces proběhne při konstantní venkovní teplotě a systému nebrání žádné poruchy typu zapnutí topení nebo změny venkovní teploty či otevření dalších oken nebo dveří v průběhu pokusu. *Model_ochlazení* přičítá vstupní vnitřní teplotu a hodnotu z výstupu *přenos*. *Oscilloskop_out* vykresluje simulaci na obrázku číslo 9.



Obrázek 9 Přechodová charakteristika náběhu oteplení soustavy v MATLAB®

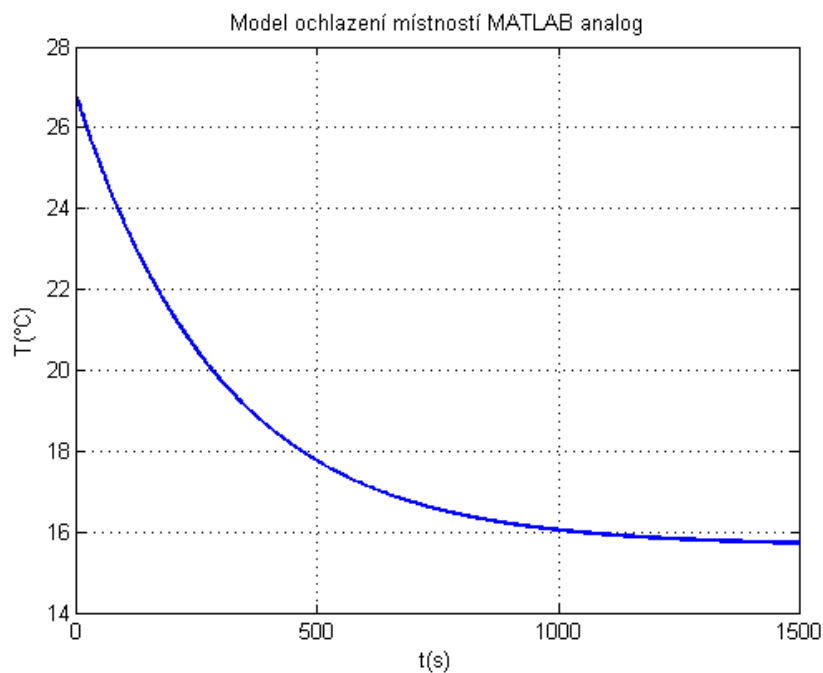
4.3 Simulace teplotní křivky ochlazení místnosti v MATLAB® kódování

Na obrázku číslo 10 je vyobrazen model ochlazení místnosti č. 203 a 204 na MSK. Tuto křivku lze podrobně prostudovat pomocí různých metod v MATLAB®. Křivka je měřena v časovém intervalu 20 minut. Jednotlivé body jsou vykresleny na křivce jako body ochlazení místnosti při otevření oken při venkovní teplotě 11,09 °C. V průběhu měření dojde k poklesu teploty v prostoru o cca 15 °C. Při teplotě 15,65 °C se vnitřní teplota nezvýší.



Obrázek 10 Teplotní křivka ochlazení v Microsoft® Excel®

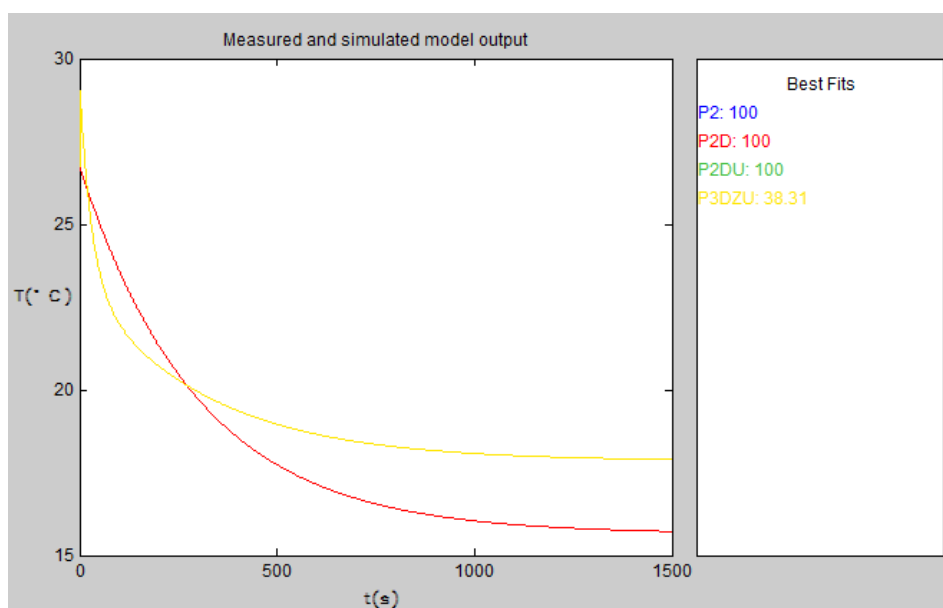
Křivku lze navrhnout kódováním v MATLAB®, podle (přílohy č. 1). Ochlazení je navrženo podle počátečních hodnot teplot a přenosu soustavy ochlazení místností č. 202 a 203. Po dosažení hodnot přenosu ve vzorci a doby trvání procesu ochlazení zobrazí v grafu. Na obrázku číslo 11 je křivka ochlazení místností zobrazena.



Obrázek 11 Model ochlazení v MATLAB®

4.4 Kontrola a porovnání výsledků identifikace ochlazení místností v MATLAB®

Na obrázku číslo 12 je zobrazena referenční model ochlazení, který byl vytvořen po identifikaci ochlazení. Byl k němu přidružen i výsledný přenos, který je podle funkce *ident* stoprocentně přiblížen k reálnému výsledku této identifikace. Jeho výsledný vzorec nemusí být doplněn o dopravní zpoždění nebo další reálné nebo komplexní póly. Výsledkem je systém se setrvačností 1. řádu (P2).



Obrázek 12 Aproximace výsledků modelů ochlazení v MATLAB®

Matematický model taktéž vypíše parametry výstupního výsledku podle přílohy č. 2. Tyto výsledky budou poté využity k další preciznějším výpočtům, neboť se bude pracovat s nejpřesnějším matematickým modelem po aproximaci. Vypočtené hodnoty z aproximace výsledku modelu identifikace ochlazení jsou taktéž převoditelné na diskrétní a lze s nimi dále pracovat v regulačních systémech.

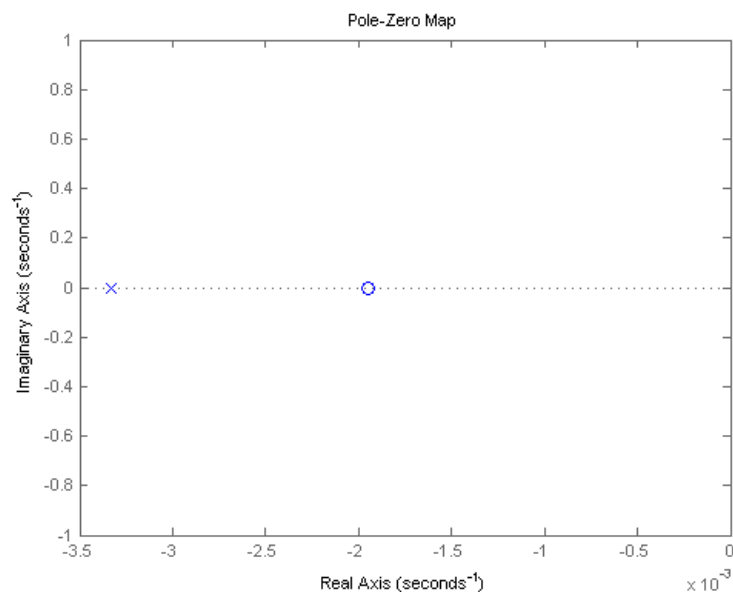
Parameter Known	Value	Initial Guess	Bounds
K	-1.1405	-1.1405	[-Inf Inf]
Tp1		Auto	[0 Inf]
Tp2		Auto	[0 Inf]
Tp3	0	0	[0 10000]
Tz	0	0	[-Inf Inf]
Td	0	0	[0 40]

Obrázek 13 Funkce ident() ve výchozím nastavení pro navolení hodnot aproximace matematického modelu soustavy v MATLAB®

4.5 Stabilita výsledného systému ochlazení místností

Dalším krokem při identifikaci soustavy ochlazení místností je zjištění stability soustavy. V nástrojích od MATLAB® lze stabilitu systému vyhodnotit pomocí mnoha metod. K nejpoužívanější metodě však patří zjištění stability podle rozložení nul a pólů. Podle obrázku lze zjistit, že je systém stabilní, neboť má póly umístěné v levé komplexní polorovině grafu. Tento závěr lze ověřit i po zadání kořenů charakteristické rovnice do MATLAB®, kdy jsou výsledkem dva záporné reálné kořeny. Viz MATLAB® kód níže:

```
roots([432.81 301.4427 1])
ans =
-0.6931
-0.0033
```

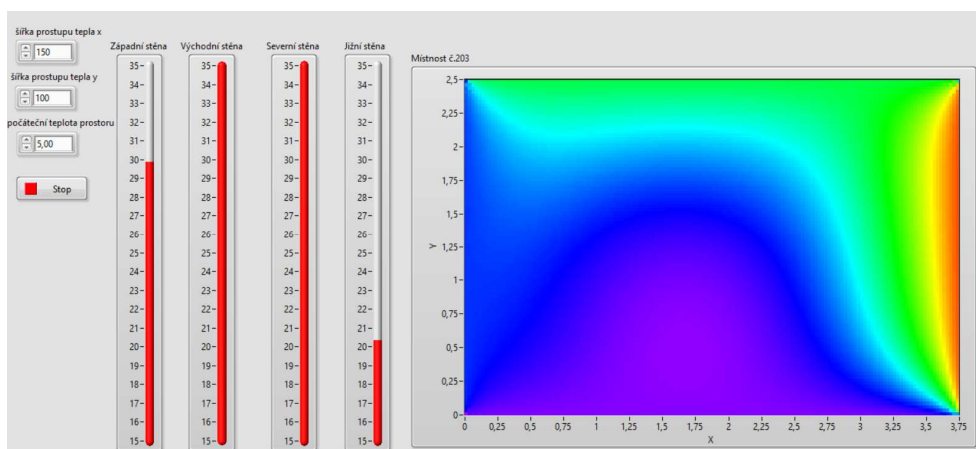


Obrázek 14 Stabilita systému ochlazení s rozmístěnými póly a nuly

5 NI LabVIEW®

5.1 NI LabVIEW simulace ochlazení v místnosti č. 203

Jedná se o aplikaci, která ukazuje teplotu, která proniká v místnosti při změně teploty v nastavení topení z jednotlivých světových stran. Podstatou zhotovení této aplikace je průměrování vedlejších hodnot teplot umístěných v mřížkách matic. Základem je diferenciální rovnice s n -tým počtem derivací vytvořená pro výpočet jednotlivých rozměrů hodnot z matice. K zavedení správnosti údajů o ochlazení nebo oteplení při zvýšení teploty je doplněn vzorec pro koeficient prostupu tepla. Tato hodnota prostupu tepla se v odborné literatuře liší. Byla zvolena hodnota koeficientu prostupu tepla v místnosti na 0,25.

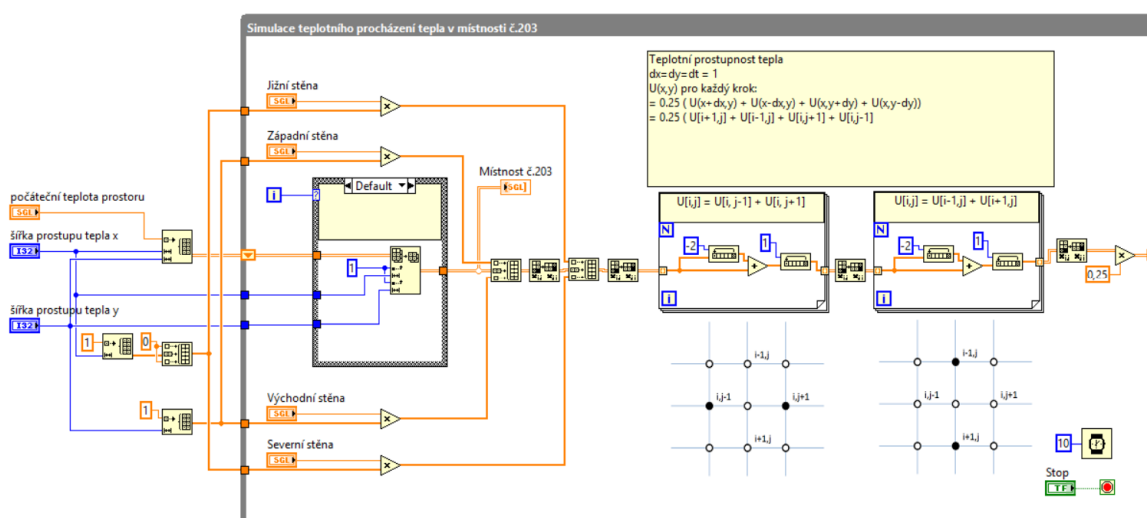


Obrázek 15 Čelní panel s teploměry a termo-vizualizací teplot v místnosti č. 203 v NI LabVIEW®

Popis: Demonstrace (Simulace) vedení tepla:

1. V prvním kroku se musí přednastavit šířka a délka místnosti pro výchozí simulaci.
2. Zvyšováním a snižováním hodnot teploměrů budou ochlazeny nebo otepleny jednotlivé stěny místnosti.
3. Po zadání těchto hodnot se teplota ustálí a graficky se zobrazí, poté se stiskne STOP.

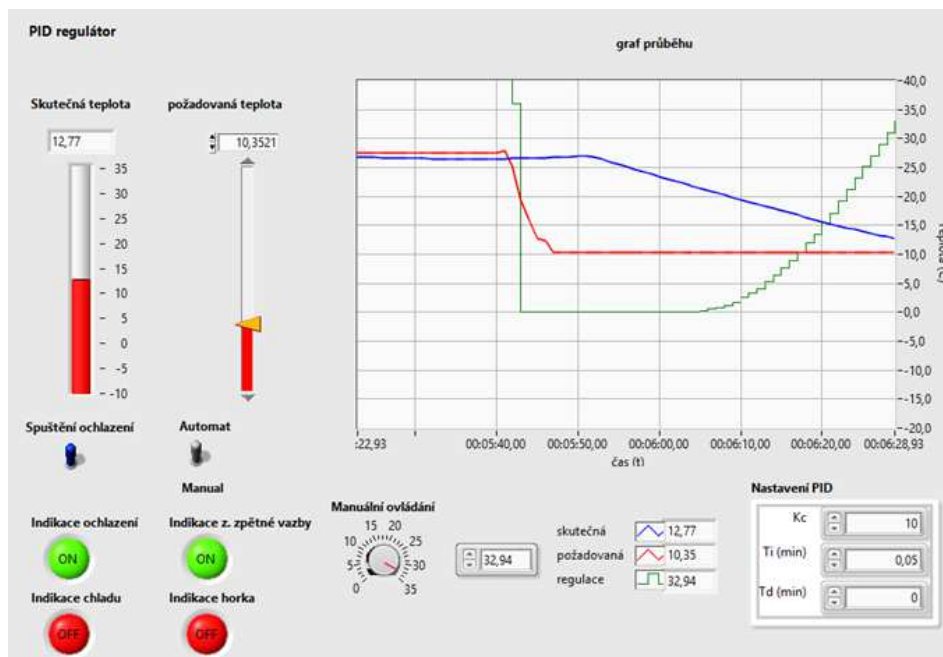
Taktéž byla vytvořena instruktáž k postupu vyhotovení prolínání jednotlivých teplot v prostoru místnosti. Pohybuje-li se hodnotami na vyznačeném teploměru, termograf se mění podle zvolené úrovně rozměru teploměru. Tlačítkem STOP celou aplikaci lze ukončit.



Obrázek 16 Blokový diagram simulace teplotního prostupu v místnosti č. 203 v NI LabVIEW®

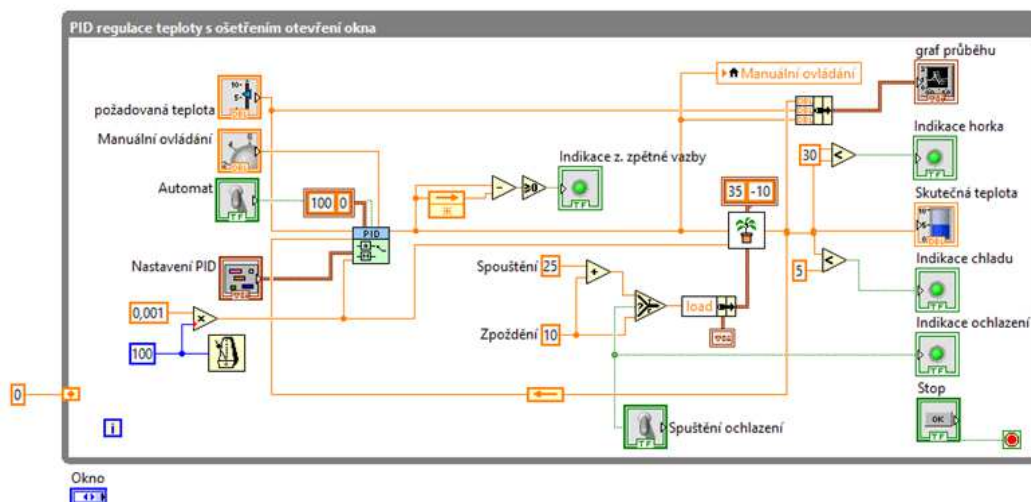
5.2 NI LabVIEW simulace regulace teploty v IB

V dnešní době moderních technologií v IB jsou záměrně instalovány regulátory s PID nebo PD regulací, neboť jsou v oboru řízení vytápění nejvíce užitečné. Integrační složka eliminuje regulační odchylku, derivační člen zrychluje regulační děj a proporcionální složka zesiluje regulační odchylku regulátoru. Tak je dosažena požadovaná teplota v nejrychlejší době. Pro tento proces je vytvořena simulace pro představu regulace teploty v místnosti č. 203 v objektu dřevostavby. Děj počítá s možností otevření okna jako s poruchovou činností.



Obrázek 17 Čelní panel simulace regulace vytápění soustavy v IB v NI LabVIEW®

Na čelním panelu se zadá požadovaná teplota. Ta jde zvolit na rolovací liště s indikací červené barvy. Regulovat teploty lze docílit buď v automatickém nastavení, nebo ručně. Ochlazení jako poruchovou činnost lze během procesu regulace přepínat a pozorovat tak skutečnou teplotu na grafu. Jsou zde i indikace v podobě ledek jako je indikace chladu, indikace ochlazení, indikace horka v místnosti a indikace dorovnávání teploty jako indikace záporné zpětné vazby do systému. Je zde možnost měnit hodnoty PID jako jedné složky tohoto regulátoru. Diskrétní křivka je zobrazena jako zelená barva, požadovaná hodnota teploty jako červená a modrá je indikace skutečné teploty na téže grafu.



Obrázek 18 Blokové schéma simulace regulace vytápění v IB v NI LabVIEW®

6 Řízení vytápění

6.1 Dřevostavba MSDK při VŠB – TU Ostrava, FAST

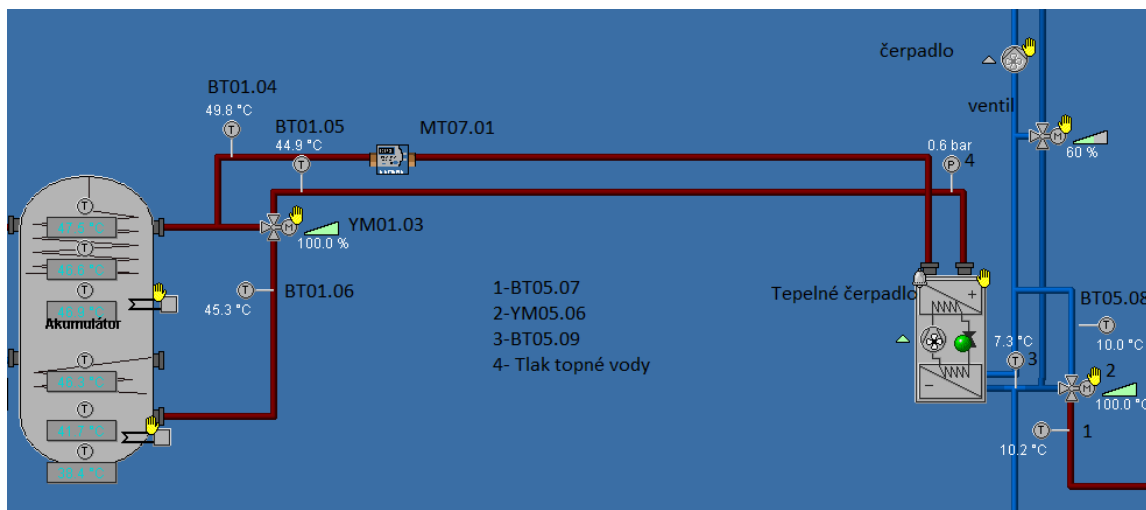
Projekt vznikl ve spolupráci Moravskoslezského dřevařského klastru s VŠB-TU Ostrava. Budova je vybavena nejnovějšími technologiemi. Je zde instalována výuková sestava tepelných zdrojů a systému vytápění. Žaluzie jsou řízeny pomocí systému KNX® z programu pro řízení komponentů v ETS4®. Naopak řízení vytápění je ovládáno v místnosti velínu v ze SCADA systému. Hardware je vybaven řídicími jednotkami od Siemens® a sw přístup je navržen taktéž od téže firmy pomocí DESIGO® Insight® . Objekt je vybaven snímači a nejnovějšími prvky vytápění, které budou uvedeny v další kapitole.



Obrázek 19 Fotografie dřevostavby MSDK

6.2 Řízení tepelného čerpadla

Funkce tepelných čerpadel je založena na odběru nízko potenciálního tepla z vody, vzduchu nebo půdy na tepelnou energii použitelnou pro vytápění. Při výběru tepelného zdroje je důležité mít na paměti, že tepelné čerpadlo není zdroj bez provozních nákladů. Tepelné čerpadlo ohřeje topnou vodu maximálně na 55 stupňů Celsia, a proto je velmi vhodné pro podlahové vytápění a předehřev teplé užitkové vody. [17]



Obrázek 20 Ukázka vizualizace a popisky jednotlivých čidel oběhu tepelného čerpadla v DESIGO™ Insight®

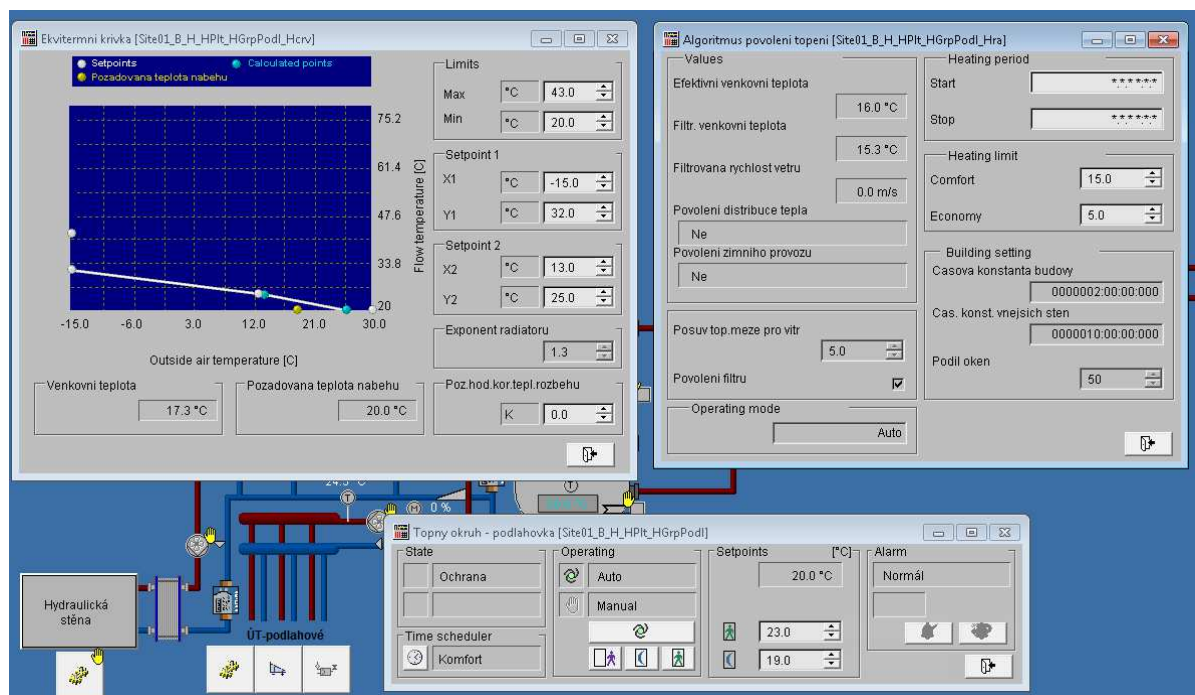
Programátorský postup pro řízení a regulaci tepelného čerpadla podle instrukcí z knihy [17]:

1. Vytvořit podmínku pro odstavení poruch, vysoké sazby a od teploty vratné vody do tepelného čerpadla nebo od vypnutí ovladačem v rozvaděči.
2. Vytvořit podmínku pro žádanou výstupní teplotu z tepelného čerpadla ekvitermním řízením, s hysterezí 5 stupňů Celsia s omezením do 50 stupňů Celsia.
3. Vytvořit časový program pro blokování tepelného čerpadla od denní doby.
4. Pokud je použita akumulární nádrž, je zadána podmínka pro ohřev této nádrže ekvitermně na požadovanou teplotu tak, aby teplota stačila na pokrytí spotřeby při nočním odstavení.
5. Zadat podmínky pro minimální dobu chodu a minimální dobu odstávky tepelného čerpadla z důvodu nevhodného častého cyklování při malém odběru topnými okruhy.
6. Do okruhu náhradního zdroje tepla je zadána podmínka, že při poruše tepelného čerpadla je vedoucím zdrojem tepla. Podstatě vytvoříme kaskádní řízení s prostřídáním zdrojů tepla.
7. Pokud je sepnuto tepelné čerpadlo, tak je zároveň dobré je spínat pomocnými čerpadly. Sekundární čerpadlo je vypnuto s doběhem od vypnutí TC cca 5 minut, pokud není potřeba stálého chodu čerpadla pro vyplachování tepelného čerpadla. Důležité je zajistit protočení čerpadel při odstavení TC, např. v letním období.

6.3 Systém DESIGO® Insight® pro řízení vytápění

Systém je složen podle obr. 21 pomocí modulárních pod stanic PX. Pro ovládání slouží pokojové jednotky QAX34, ty jsou obsaženy v každé místnosti objektu nebo pultíky PXM20. Pod stanice PX jsou propojeny sběrnici BACnet®. Řídicí systém PXC100 E. D je propojen pomocí Ethernet® do PC. Zde se v DESIGO™ Insight® vytváří alarmy, trendy, teplotní křivky za pomoci

venkovních a vnitřních snímačů teploty. Je zde i uživatelská a programovací úroveň připojení do systému. Vedlejší aplikace lze navolit pomocí PXM20 – E. Je zde volba nastavení teploty pomocí ekvitermní křivky a jsou zde další možnosti událostí a alarmů. Společně s dalšími sběrnicemi, jako je KNX® komunikuje automatizační úroveň systému pomocí PXC00 E-D. Systém lze rozšířit o další komponenty s propojením sběrnice BACnet®.

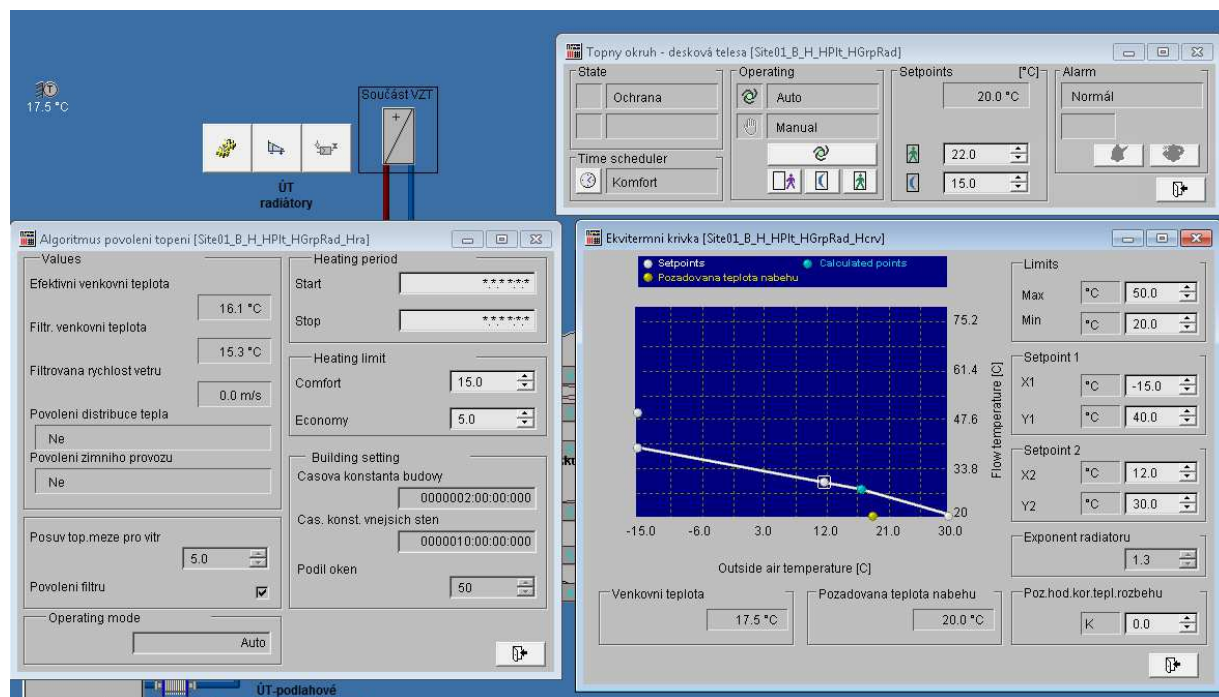


Obrázek 21 Vizualizace řízení vytápění pomocí podlahového vytápění v DESIGO® Insight®

Na obrázcích číslo 21 a 22 lze vidět řízení vytápění pomocí vizualizace DESIGO®. Jsou zde důležité 3 nastavovací možnosti, které jsou vyobrazeny v blízkosti obrázku akčního členu. V prvním kroku uživatel přednastaví ekvitermní křivku, tak aby docházelo ke správnému průběhu regulace vnitřní teploty na základě změny venkovní teploty. Jsou zde nastavovány 3 body. Zásadou je dosáhnout požadovanou hodnotu teploty. K tomu je potřeba znát bod náběhu teploty a limitní dva body jako jsou *setpoints* a *calculated points*. Pomocí těchto hodnot lze postupně dojít k požadované hodnotě vytápění.

Algoritmus povolení topení u obou obrázků nastavuje efektivní hodnoty s vlivem na okolní rušivé jevy. Mezi ně patří rychlost venkovního větru, sepnutí vytápění s hysterezní křivkou a různé odladění filtrů při přechodu z ekonomického nastavení vytápění do režimu komfort. Je zde i nastavení časových konstant.

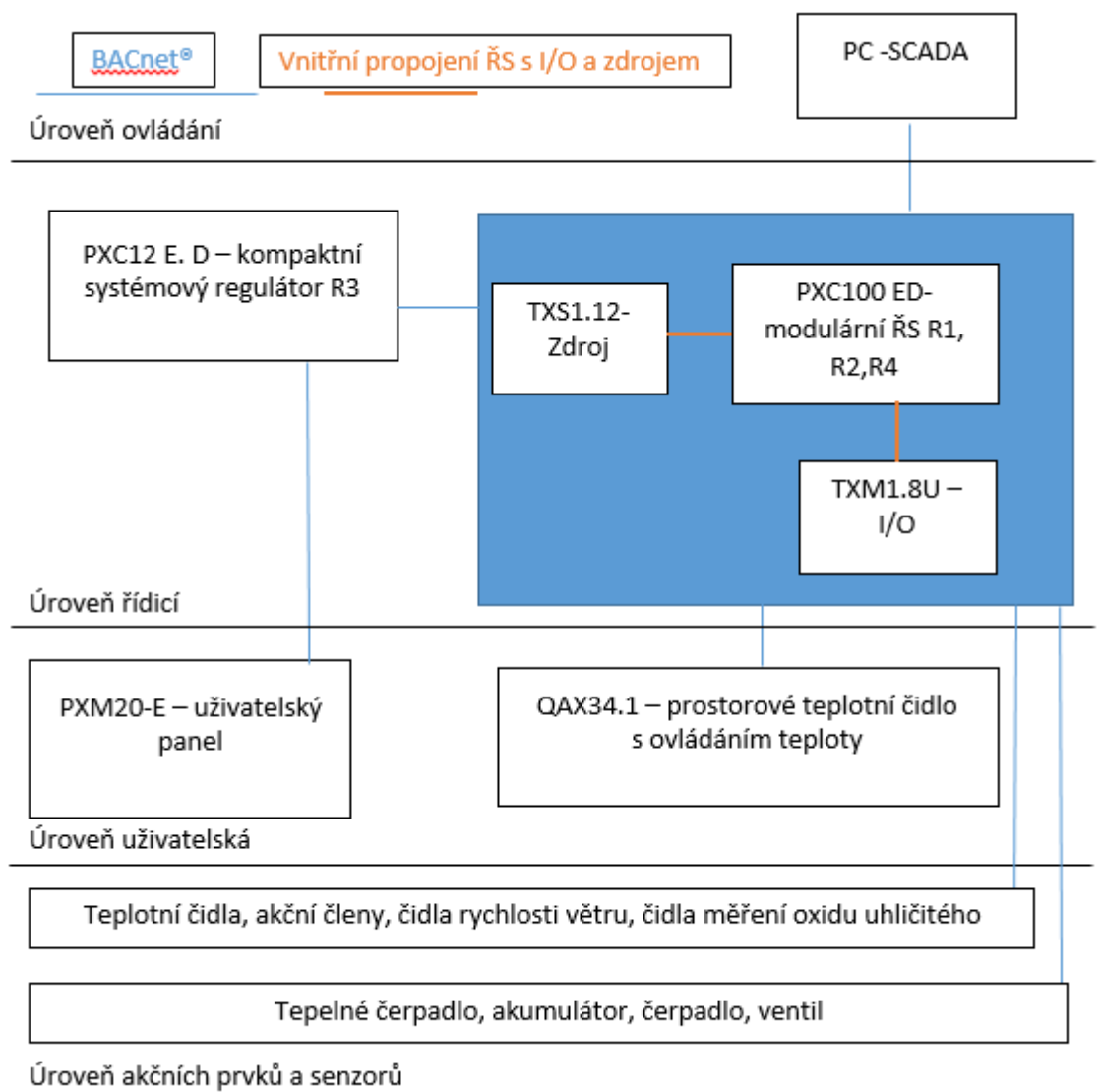
Poslední nastavení představuje základní nastavení. Manuální nebo automatickou ventilaci ve vybraných místnostech. Nastavení *setpointů* v *ekvitermní křivce* pro danou oblast. Nastavení alarmů při nežádoucí události nebo přepnutí do kalendáře těchto akcí spojených s řízením vytápění. Také i priority sepnutí alarmů.



Obrázek 22 Vizualizace řízení vytápění pomocí radiátorů v DESIGO® Insight®

6.4 Blokové schéma technologie vytápění DESIGO® na MSDK

Tohle blokové schéma je rozděleno do několika úrovní (pod-stanic) systému DESIGO®. Pod-stanice jsou propojeny sběrníci BACnet®. Na úrovni ovládání systému je PC-SCADA vizualizace. Ta je hlavním ovládacím prvkem celého systému. Jsou zde tvořeny události, alarmy a nastavení jednotlivých prvků systému. Na úrovni řídicí je modulární řídicí systém PXC100-E.D, který je napojen na kompaktní systémový regulátor PXC12-E.D. PXC100-E.D je propojen s I/O a zdrojem, neboť se jedná o modulární systém. Na úrovni uživatelské jsou umístěny uživatelské panely pro povolení událostí, alarmů a lokálního ovládání teploty v rámci řízení jedné místnosti. Poslední úrovní tohoto blokového schématu je úroveň akčních prvků a senzorů. Z této úrovně jsou sbírány vstupní a výstupní signály do PC-SCADA úrovně ovládací. Těmito signály jsou spuštěny jednotlivé akční prvky. Sensory vysílají výstupní signály o teplotě, tlaku a rychlosti průtoku do PC-SCADA. Tyto signály jsou vyhodnoceny a poté přiřazeny regulačnímu systému pro optimální průběh regulace podle nastavení v PC-SCADA.



Obrázek 23 Blokové schéma technologie vytápění DESIGO® na MSDK

6.5 Prvky řízení vytápění na dřevostavbě MSDK

Pro řízení vytápění v IB je třeba znát celou HW strukturu systému. Systém DESIGO® je rozdělen na jednotlivé prvky, ty jsou funkcionálně rozděleny do různých úrovní systému podle obrázku 23.

QAX30.1 a QAX34.1 – prostorové teplotní čidlo s ovládáním teploty

Je začleněno do uživatelské úrovně. Je vyroben k ovládání teplot v jedné místnosti. Taktéž obsahuje funkci měření prostorové teploty. Na budově MSDK je umístěn na stěně každé místnosti.

Technické údaje:

- Rozsah použití: 0...50 °C.
- Třída ochrany: III podle EN 60 730.
- Stupeň krytí: IP 30 podle EN 60 529.

- Podmínky okolního prostředí, Provoz: podle IEC 721-3-3.
- Vlhkost: <85% r. v.
- Doprava: podle IEC 721-3-2.
- Klimatické podmínky: třída 2K3.
- Mechanické podmínky: třída 2M2.
- CE shoda: podle směrnice EMC 89/336/EEC.



Obrázek 24 QAX34.1 Měřící čidlo prostorové teploty [19]

PXC100 E. D – systémový modulární řídicí systém (R1, R2 a R4)

Je přiřazen do úrovně řídicí. Na budově MSDK jsou umístěny v rozvaděči pro řízení vytápění 3. Tento řídicí systém je tzv. modulární. Je vnitřně spojen k I/O a ke zdroji napětí. Je připojen k dalším prvkům řízení vytápění přes sběrnici BACnet®.



Obrázek 25 Ústřední řídicí člen Designo PX® od firmy Siemens® [20]

Technické parametry:

- Plánovače.
- Trend funkce.
- Vzdálená správa s PXA40.
- Současné užívání RX nebo LonWorks zařízení společně s I / O moduly.

PXC00- U– DDC podstanice PX Open® (R2)



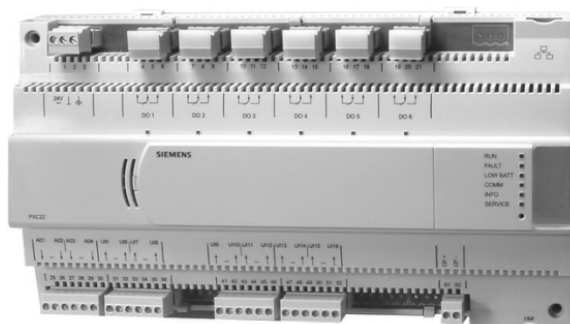
Obrázek 26 Podstanice systémového regulátoru DESIGO® pro integraci s ostatními systémy [21]

Technické parametry:

- Připojení přes Ethernet / IP, LON, nebo PTP.
 - BTL štítek (BACnet přes BTL).
 - Komplexní správa a funkce systému (správa alarmů, časové
- plánování, trendy, dálkový přístup, ochrana heslem atd.

PXC12 E. D – kompaktní systémový regulátor (R3)

Je začleněn do řídicí úrovně systému DESIGO®. Jsou zde vyhodnoceny data z uživatelského panelu. Na budově MSDK je pouze jeden takovýto regulátor.



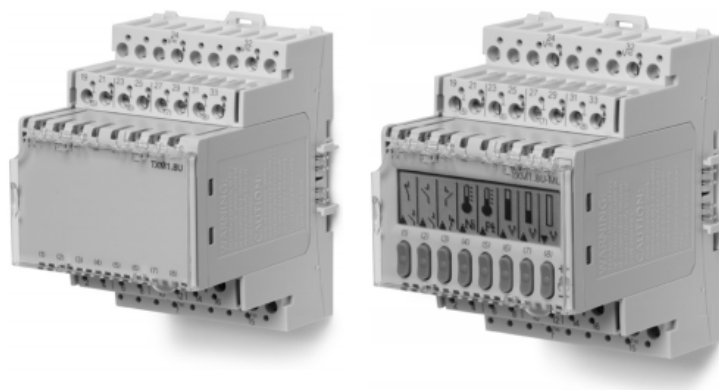
Obrázek 27 Kompaktní systémový regulátor PXC12E. D [22]

Technické parametry:

- Nativní BACnet stanice s komunikací prostřednictvím.
 - BACnet přes Ethernet / IP.
 - BACnet přes LONTALK.
- BTL štítek (komunikace BACnet prošel testem BTL).
- PPC procesor pro vysoký výkon a spolehlivý provoz.
- Komplexní správa a funkce systému (správa alarmů, časové plánování, trendy, dálkový přístup, ochrana heslem atd.).
- 12, 22, nebo 36 fyzických vstupů / výstupů pro propojení automatizační stanice.

TXM1.8U a TXM1.8U-ML – univerzální I/O moduly

Jsou přiřazeny k modulárnímu řídicímu systému PXC100-E.D. Jsou připojeny k jednotlivým senzorům a akčním prvkům. Vedou vstupní a výstupní signály do systému DESIGO®.



Obrázek 28 Univerzální I/O moduly systému DESIGO™ [23]

Technické parametry:

Moduly existují ve dvou verzích:

- TXM1.8U: 8 vstupů / výstupů s LED indikací - signál / porucha.
- TXM1.8U-ML: Jako TXM1.8U s místním ručním ovládáním s LCD displejem (podle ISO 16 484-2).
- 8 univerzálních I / O Bodu, jednotlivě konfigurovatelných jako:
 - Digitální vstupy: stavové kontakty, pulsy Nebo CITAC.
 - Analogové vstupy: 0 až 10V.
 - Analogové výstupy: 0 až 10V.
- Kompaktní Rozměry dle DIN

TXS1.12F10 – Napájecí modul

Je zdrojem napětí modulárního řídicího systému PXC100-E.D. Jsou přesně 4 na budově MSDK.



Obrázek 29 Napájecí modul systému DESIGO™ [24]

Technické parametry:

- TXS1.12F10 napájecí modul.
 - Až 4 napájecí moduly lze provozovat paralelně.
 - AC 24 V Vstup.
 - Napájení DC 24 V, 1.2A pro napájení TX- I/O moduly a provozní zařízení.
 - Čerstvé poskytování AC 24 V pro napájení periferních zařízení.
 - Převod sběrnice signálu.

PXM20 – E – uživatelský panel

Tento uživatelský panel je přiřazen do uživatelské úrovně systému DESIGO®. Je připojen ke kompaktnímu systému. Lze jej ovládat při běhu systému DESIGO® a zadávat události a alarmy. Na budově MSDK je pouze jeden.



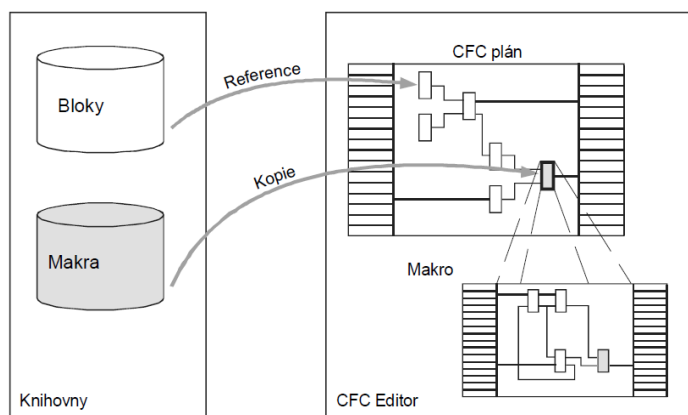
Obrázek 30 Uživatelský panel pro řízení regulace PXM20 od firmy Siemens® [25]

Technické parametry:

- Ovládání pomocí tlačítek s přímým přístupem k informacím ze zařízení.
- Generické ovládání a zobrazení funkcí zařízení (alarmy, časové plánovače, kalendáře, žádaných hodnot, zobrazení aktuálních hodnot atd.).
- Integrovaný zvukový alarm.
- Grafické funkce on-line-trend.
- Funkce kontextová nápověda.
- Instalace v modulární podstanici PXC-U.
- Ethernet připojení 10/100 Mbps RJ45 s vestavěnou funkcí automatické detekce.
- Podpora PoE (Power over Ethernet) provozní napětí na IEE 802.3af.

6.6 Programování systému DESIGO™

Řízení vytápění probíhá v nástroji DESIGO™ XWORKS®. Tato sada je obsažena v balíku TOOLSET a její součástí je CFC Editor. Programuje se pomocí grafického programovacího jazyku podobnému programování funkčních bloků D-MAP. Součástí programování jsou předem nadefinované knihovny. Knihovny jsou navrženy firmou Siemens, ale projektanti a programátoři knihovny jsou postupně doplňovány. Každý prvek DESIGO® je pojmenován a dosazen do určité knihovny spolu s jeho funkcemi, které se dají upravovat. Knihovna obsahuje bloky a makra. Jde o překopírování makra a nastavení reference jednotlivých bloků. Bloky jsou spojeny dohromady. Tímto způsobem se zadávají jednotlivé kroky řízení a regulace vytápění v objektu. [26]



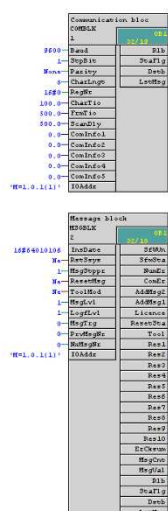
Obrázek 31 Návrh CFC plánu v CFC Editoru [26]

6.7 Popis nástroje DESIGO™ XWORKS® na MSDK

Knihovny tohoto nástroje obsahují standartní a algoritmy pro řízení a regulaci jednotlivých jednotek, agregátů i jednotlivých přístrojů. Složené bloky představují řešení, která se vybírají pomocí modulu Solution Browser. Kromě knihoven složených bloků prostředí obsahuje také knihovny základních bloků a základních operací.

DESIGO™ XWORKS® taktéž obsahuje tyto podprogramy:

- CFC Editor.
- BACnet generator.
- Parametr Editor.



Obrázek 32 CFC Editor s programem CFC Plan v DESIGO™ XWORKS

Na obrázku 32 jsou vyobrazeny dva bloky CFC editoru. První (KNX® integrace) je blok s nastavením proměnných systému KNX® a pak dva spolu související komunikační bloky. KNX® integrace je propojena s jednotlivými čidly po sběrnici, kde nepřetržitě přicházejí data a společně komunikují s komunikačními bloky v nadřazeném systému BACnet®. Komunikační bloky jsou pak rozděleny na *message block* a *communication block*. Zde se nastavují události vyobrazené na obrázku 33.

Blok

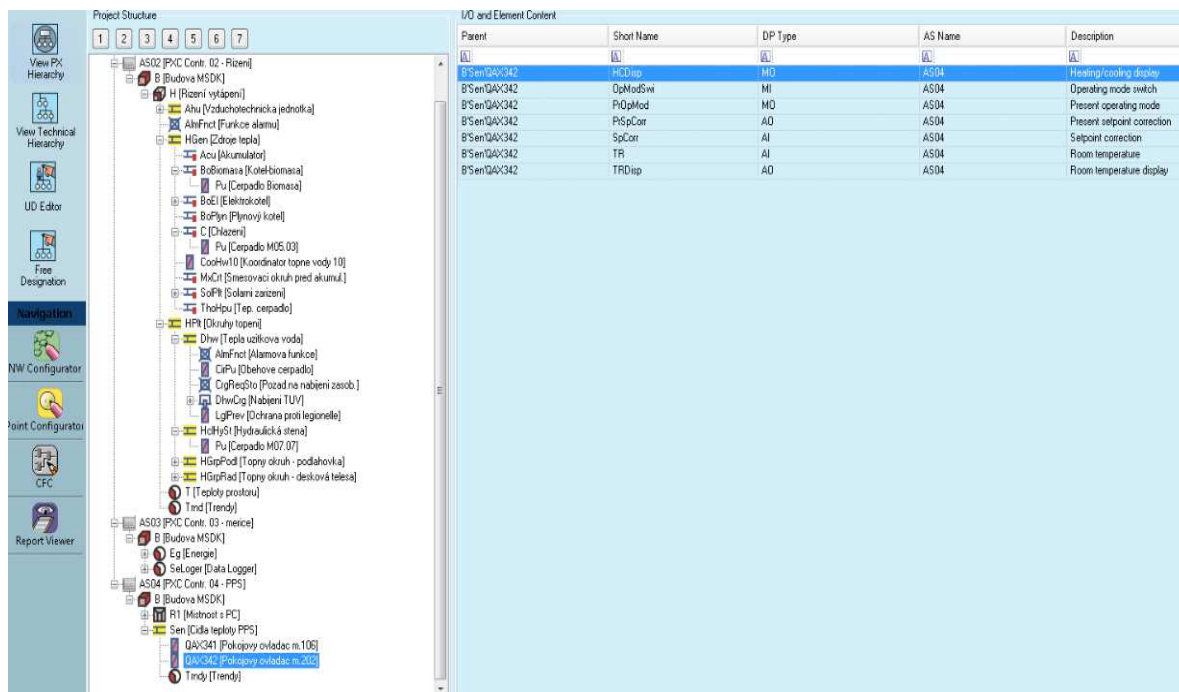
Vlastnosti

Short	Description	Value	Unit	Visible
> OoServ	Mimo provoz	Vyp	Off, On	<input type="checkbox"/>
> InsDate	Datum instalace	01.01.2000	1	<input checked="" type="checkbox"/>
> RstSsys	Reset subsystemu	Ne	No, Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
> MsgStppr	Vyber hlášení	1	---	<input checked="" type="checkbox"/>
> ResetMsg	Resetovat hlášení	Ne	No, Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
> ToolMod	Mod toolu	Ne	No, Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
> MsgLvl	Stupen podrobnosti hlášení	1	---	<input checked="" type="checkbox"/>
> LogfLvl	Stupen podrobnosti logu	1	---	<input checked="" type="checkbox"/>
> MsgTrg	Hlášení ke spuštění	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
> PrvMsgNr	Předchozí hlášení	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
> NbMsgNr	Dalsi hlášení	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
> IOAddr	Adresa vstupu/vystupu	M=1 0.1(1)		<input checked="" type="checkbox"/>
> EvtSta	Stav udalosti	Normalni	BACnet event	<input type="checkbox"/>
> EnEvt	Povoleni udalosti	Prechod do	BACnet event t	<input type="checkbox"/>
> AlmFnct	Alarmova funkce	Zakladni	Alarm function	<input type="checkbox"/>
> AlmCl	Trida alarmu	Alarm se stredn	Alarm class	<input type="checkbox"/>
> AckTra	Potvrzene zmeny stavu	Prechod do sta	BACnet event t	<input type="checkbox"/>
> TrStmEvt	Casova značka udalosti	---		<input type="checkbox"/>
> TrAck	Cas potvrzeni	---:---:--- --		<input type="checkbox"/>
> AckSgn	Potvrđi			<input type="checkbox"/>
> ComgSta	Stav uvadeni do provozu	Nezkontrolovan	Commissioning	<input type="checkbox"/>

Short	Description	Value	Unit	Visible
< SfwVn	Verze SW	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< SfwSta	Stav SW	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< NumEr	Pocet chyb	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< ComEr	Komunikacni chyba	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< AddMsg2	Pridavne hlášení 2	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< AddMsg1	Pridavne hlášení 1	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< Licence	Licence	Ne	No, Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
< ResetSta	Stav resetu	Zadny reset	Reset state	<input checked="" type="checkbox"/>
< Tool	Nastroj	Neni pripojen to	Connected	<input checked="" type="checkbox"/>
< Res1	Rezerva 1	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< Res2	Rezerva 2	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< Res3	Rezerva 3	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< Res4	Rezerva 4	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< Res5	Rezerva 5	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< Res6	Rezerva 6	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< Res7	Rezerva 7	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< Res8	Rezerva 8	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< Res9	Rezerva 9	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< Res10	Rezerva 10	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< ErCsum	Chyba kontrolniho souctu	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< MsgCnt	Pocet hlášení	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< Rlb	Spolehlivost	0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
< Rlb	Spolehlivost	Nebyla nalezen	BACnet reliabili	<input checked="" type="checkbox"/>
< StaFlg	Stavova značka	---	BACnet status	<input checked="" type="checkbox"/>
< Dstb	Porucha	Ne	No, Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
< LstMsg	Posledni alarm nebo udalost			<input checked="" type="checkbox"/>

Obrázek 33 Nastavení událostí v komunikačním bloku v DESIGO® XWORKS®

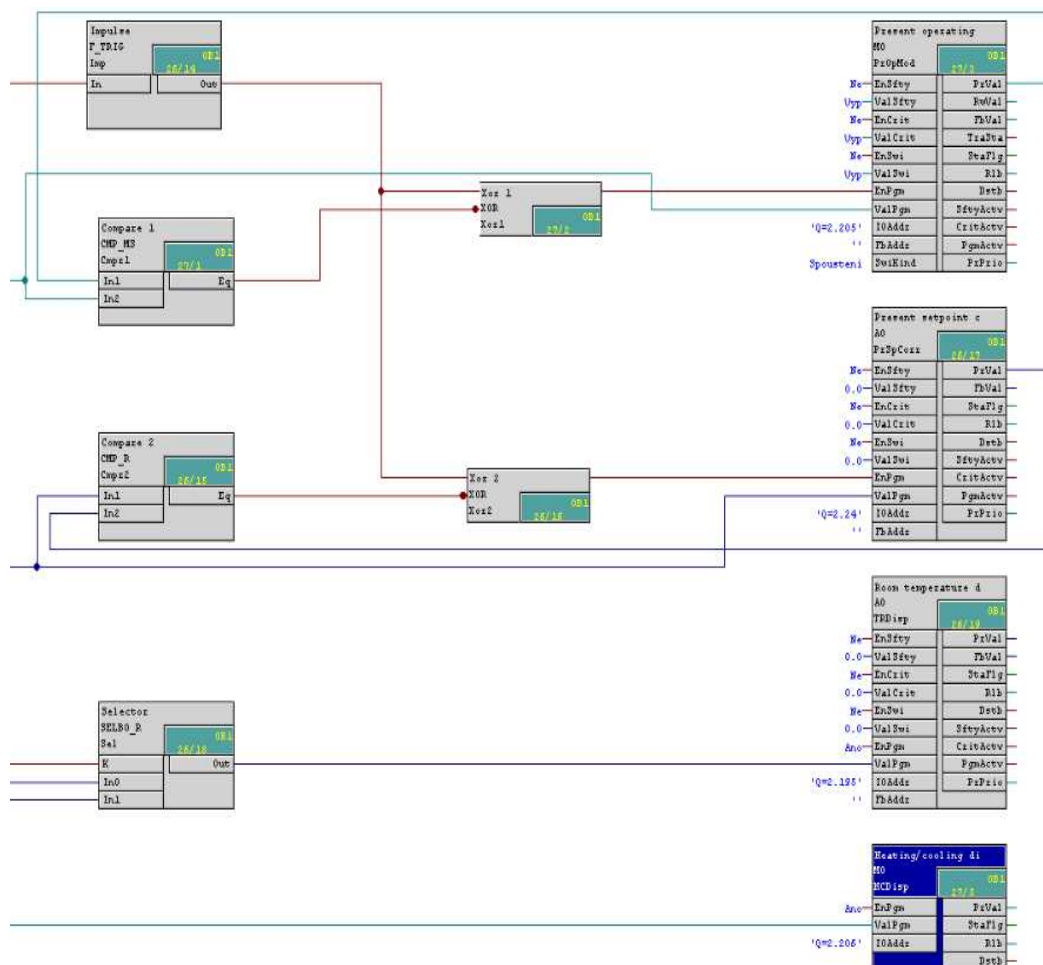
Pro řízení tohoto bloku je důležité nastavit funkce do režimu *Visible*. Ty jsou pak zobrazeny na jednotlivých výstupech funkčního bloku. Tyto hodnoty jsou propojeny s ostatními bloky a jsou nastaveny pro konfiguraci systému.



Obrázek 34 Hierarchie řízení ovladače v místnosti č. 202

Pro příklad řízení jednoho členu na budově MSDK byl vybrán pokojový ovladač QAX342 z hierarchie systému DESIGO® XWORKS®. Postup je způsoben otevřením nadřazených položek od AS04/ B/ Sem/ QAX342. Poté je nastavena možnost *I/O and Element Content* na pravé straně vyhledávače ovladače, kde je vybrána funkce typu short name *HCDisp* s úložným prostorem do AS04. poté je zapnut CFC editor. Postup je vyobrazen na obrázku 34.

Dalším krokem pro řízení tohoto prvku je propojení jednotlivých bloků dohromady pomocí logických funkcí, které jsou v knihovnách v grafického D-MAP programování v CFC editoru. Tento samotný blok s názvem heating/cooling obsahuje své vlastní předem vyplněné funkce, které jsou potřeba k jeho ovládání. K dispozici jsou funkce *IOAddress*, *ValPNG*, *ENPgn*. *K IOAddress*. Těm jsou přiřazeny adresy prvku, s kterou budou komunikovat. *ValPNG* je určen pro propojení se sběrnici komunikující stylem flip-flop s výsledkem odesílání a přijímání dat. *ENPgn* je povolení odesílání a přijímání dat. Další funkce v tomto bloku nejsou využity. Na obrázku 35 je celá struktura rozložení prvku řízení vytápění po jednotlivých blocích s přiřazenou fyzickou adresou.



Obrázek 35 CFC diagram řízení ovladače topení na MSDK

U každé funkce v tomto výběru vlastností funkčního bloku je v prvním sloupci zkratka dané funkce, ve druhém sloupci jeho popis v českém jazyce, třetí sloupec zobrazuje její hodnotu v rolovacím výběru. Poslední sloupec je nápověda. Dále lze nastavit vstupy a výstupy, které jsou však zadány hned po zařazování čidel do systému DESIGO®. Události a alarmy se nastavují v komunikační sféře a ve funkčním bloku se pouze potvrzují určité specifikace. Mezi tyto specifikace lze přiřadit překročení některých mezí nebo intervalů řízení vytápění, nebo špatné zadání v režimu uživatele přes danou normu zadanou profesionálem.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo řízení vytápění v inteligentních budovách s ohledem na úsporu energie. Začátek bakalářské práce se text zabývá analýzou provedení řízení vytápění. Jsou zde ukázány jednotlivé způsoby řízení vytápění od vybraných společností. Tyto způsoby řízení vytápění jsou podrobně porovnány v tabulce podle vybraných funkcí. Teoreticky bylo rozebráno téma sběrnic pro komunikaci mezi hardwarovou strukturou systému řízení vytápění. Jejich specifikace byly porovnány v tabulce.

V teoretické části bakalářské práce proběhl pokus ochlazení dvou místností na budově MSDK. Hodnoty teplot ochlazení byly zaznamenány v nástroji PI System®. Vyhodnocení experimentu bylo provedeno v nástrojích MATLAB® a Microsoft® Excel®. Při identifikaci ochlazení obou místností byla simulována teplota v NI LabVIEW®. Tento virtuální nástroj byl taktéž použit pro simulaci PID regulace vnitřních teplot na budově MSDK. Senzory a akční členy z oblasti tepelného výměníku byly zaznamenány ze SCADA systému pomocí nástroje DESIGO® Insight®.

Praktická část bakalářské práce byla věnována popisu a pochopení řídicího systému DESIGO® na budově MSDK. Bylo zjištěno, že pro naprogramování konfiguračního souboru do systému DESIGO® slouží CFC editor, který je součástí nástroje XWORKS®. Základem ovládání teploty v systému DESIGO® je nastavování událostí a alarmů, které jsou spuštěny při neočekávané situaci (pokles teplot, špatná funkce senzoru, čas sepnutí akčního členu). Řízení jednotlivých prvků vytápění je založeno na propojování knihoven od Siemens®. Jednotlivé čidla teplot lze najít v hierarchii podle jejich označení v DESIGO® Insight®. Při popisu systému DESIGO® na budově MSDK byla provedena identifikace hardware a analýza prvků řízení vytápění.

Použitá literatura

- [1] S. Ghosh, S. Reece, A. Rogers, S. Roberts, A. Malibari, and N. R. Jennings, "Modeling the Thermal Dynamics of Buildings: A Latent-Force-Model-Based Approach," *Acm Transactions on Intelligent Systems and Technology*, vol. 6, Apr 2015.
- [2] A. Redfern, M. Koplow, and P. Wright, "Design architecture for multi-zone HVAC control systems from existing single-zone systems using wireless sensor networks - art. no. 64140Y," in *Smart Structures, Devices, and Systems III*. vol. 6414, S. F. AlSarawi, Ed., ed, 2007, pp. Y4140-Y4140.
- [3] A. Pratt, B. Banerjee, T. Nemarundwe, and Ieee, "Proof-of-Concept Home Energy Management System Autonomously Controlling Space Heating," *2013 Ieee Power and Energy Society General Meeting (Pes)*, 2013.
- [4] N. Skeledzija, J. Cesic, E. Koco, V. Bachler, H. N. Vucemilo, and H. Dzapov, "Smart Home Automation System for Energy Efficient Housing," *2014 37th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (Mipro)*, pp. 166-171, 2014.
- [5] F. I. Vazquez, W. Kastner, and C. Reinisch, "Impact of User Habits in Smart Home Control," *2011 Ieee 16th Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (Etf)*, 2011.
- [6] J. Pardo, F. Zamora-Martinez, and P. Botella-Rocamora, "Online Learning Algorithm for Time Series Forecasting Suitable for Low Cost Wireless Sensor Networks Nodes," *Sensors*, vol. 15, pp. 9277-9304, Apr 2015.
- [7] M. Short and Ieee, "Real-Time Infinite Horizon Adaptive/Predictive Control for Smart Home HVAC Applications," in *2012 Ieee 17th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation*, ed, 2012.
- [8] Inteligentní budovy[online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z: <http://www.intelligentni-budovy.cz/>
- [9] Ego-n® [online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z: <http://www117.abb.com/index.asp?thema=10214>
- [10] iNELS® [online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z: <http://www.inels.cz/>
- [11] xComfort® [online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z: <http://www.xcomfort.cz/>
- [12] Foxtrot® [online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z: <http://www.tecomat.com/kategorie-308-tecomat-foxtrot.html>
- [13] Synco living® [online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z: https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/IBT/synco_living/Pages/uvod.aspx
- [14] Přehled komunikačních protokolů a sběrnic [online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6879-systemy-pouzivane-v-inteligentnich->
- [15] MERZ, Hermann, Thomas HANSEMAN and Christof HÜBNER. Automatizované systémy budov - Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet.Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [16] VAŇUŠ, Jan. Řízení provozu budov, učební text. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2013.
- [17] MATLAB®[online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com>
- [18] VALTER, Jaroslav. *Regulace v praxi, aneb, Jak to dělám já*. 1. české vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2010, 169 s. ISBN 978-80-7300-256-5.
- [19] QAX34.1 [online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z: https://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/products/building-automation-systems/design/room-automation/pages/qax34_01.aspx?HTTPS=REDIR
- [20] PXC100.E.D [online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z: http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/products/building-automation-systems/design/room-automation/pages/pxc100-e_0d.asp
- [21] PXC-00E[online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z: <https://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/products/building-automation-systems/design/automation-controls/pages/pxc00-u.aspx?HTTPS=REDIR>

- [22] PXC12-E.D [online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z:
https://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/products/building-automation-systems/desigo/automation-controls/pages/pxc12-e_0d.aspx?HTTPS=REDIR
- [23] QAX30.1 [online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z:
[http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/42183_CM2N8173cz\\$01.pdf](http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/42183_CM2N8173cz$01.pdf)
- [24] TXS1.12F10 [online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/nz/Catalog/Products/10209331>
- [25] PXM20[online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z:
<https://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/products/building-automation-systems/desigo/automation-controls/pages/pxm20-e.aspx?HTTPS=REDIR>
- [26] DESIGO®XWORKS®[online]. 2015 [cit. 2015-07-10]. Dostupné z:
[https://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/52760_DESIGO\\$V4\\$prehled.pdf](https://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/52760_DESIGO$V4$prehled.pdf)

Seznam obrázků:

Obrázek 1 Bloková struktura Ego-n® [9]	6
Obrázek 2 Ukázka propojení systému iNELS® [10]	7
Obrázek 3 Přehled senzorů a ovládacích prvků od Synco living® [13].....	9
Obrázek 4 Propojení jednotlivých komunikačních protokolů [14]	10
Obrázek 5 Komunikace sběrnice M-Bus [14]	12
Obrázek 6 Komunikace sběrnice LonWorks [14]	13
Obrázek 7 Přenos se vstupními a výstupními teplotami.....	15
Obrázek 8 Dynamický systém řízení vytápění sestavený v MATLAB® Simulink®.....	16
Obrázek 9 Přejížděvací charakteristika náběhu oteplení soustavy v MATLAB®.....	16
Obrázek 10 Teplotní křivka ochlazení v Microsoft® Excel®.....	17
Obrázek 11 Model ochlazení v MATLAB®.....	18
Obrázek 12 Aproximace výsledků modelů ochlazení v MATLAB®	18
Obrázek 13 Funkce ident() ve výchozím nastavení pro navolení hodnot aproximace matematického modelu soustavy v MATLAB®	19
Obrázek 14 Stabilita systému ochlazení s rozmístěnými póly a nuly	20
Obrázek 15 Čelní panel s teploměry a termo-vizualizací teplot v místnosti č. 203 v NI LabVIEW®..	20
Obrázek 16 Blokový diagram simulace teplotního prostupu v místnosti č. 203 v NI LabVIEW®	21
Obrázek 17 Čelní panel simulace regulace vytápění soustavy v IB v NI LabVIEW®	22
Obrázek 18 Blokové schéma simulace regulace vytápění v IB v NI LabVIEW®.....	22
Obrázek 19 Fotografie dřevostavby MSDK.....	23
Obrázek 20 Ukázka vizualizace a popisky jednotlivých čidel oběhu tepelného čerpadla v DESIGO™ Insight®.....	24
Obrázek 21 Řízení vytápění pomocí vizualizace a ekvitermní křivky podlahového vytápění v DESIGO® Insight®	25
Obrázek 22 Řízení vytápění pomocí vizualizace a ekvitermní křivky ÚT radiátorů v DESIGO® Insight®.....	26
Obrázek 23 Model systému DESIGO™	27
Obrázek 24 QAX34.1 Měřící čidlo prostorové teploty [19]	28
Obrázek 25 Ústřední řídicí člen Desigo PX® od firmy Siemens® [20]	28
Obrázek 26 Podstanice systémového regulátoru DESIGO® pro integraci s ostatními systémy [21] ...	29
Obrázek 27 Kompaktní systémový regulátor PXC12E. D [22]	29
Obrázek 28 Univerzální I/O moduly systému DESIGO™ [23]	30
Obrázek 29 Napájecí modul systému DESIGO™ [24]	30
Obrázek 30 Uživatelský panel pro řízení regulace PXM20 od firmy Siemens® [25]	31
Obrázek 31 Návrh CFC plánu v CFC Editoru [26]	32
Obrázek 32 CFC Editor s programem CFC Plan v DESIGO™ XWORKS.....	33
Obrázek 33 Nastavení událostí v komunikačním bloku v DESIGO® XWORKS®	33
Obrázek 34 Hierarchie řízení ovladače v místnosti č. 202	34
Obrázek 35 CFC diagram řízení ovladače topení na MSDK	35

Seznam příloh a tabulek:

Přílohy:

Příloha č. 1 - Ochlazení místnosti č. 203	25
Příloha č. 2 - Funkce ident()	28

Tabulky:

Tabulka č. 1 - Porovnání systému vytápění	9
Tabulka č. 2 – Porovnání sběrnic pro řízení vytápění	14

Přílohy:

Příloha č. 1

```
ts=1;
cas=0:ts:1500;
s=tf('s');
Gs=tf(-11.09, ([300 1]))+26.74
[g,t]= step(Gs,cas);
figure
plot(t,g,'b','LineWidth',2)
title('Model ochlazení místností MATLAB analog')
xlabel('t(s)'),ylabel('T(°C)'),grid on
u = -15.65*ones(length(cas),1);
%Digitalizace
Gz = c2d(Gs,ts,'zoh')
figure
[a,b] = step( Gz, cas)
plot(b,a,'b','LineWidth',2)
title('Model ochlazení místností MATLAB digital')
xlabel('t(s)'),ylabel('T(°C)'),grid on
```

Příloha č. 2

```
>> ident
Opening System Identification Tool ..... done.

P2 =
Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = -----
      (1+Tp1*s) (1+Tp2*s)

      Kp = -1 +/- 2.4794e-17
      Tp1 = 300 +/- 5.215e-14
      Tp2 = 1.4427 +/- 4.6499e-16

Name: P2
Parameterization:
    'P2'
    Number of free coefficients: 3
    Use "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Termination condition: Near (local) minimum, (norm(g) < tol).
Number of iterations: 9, Number of function evaluations: 166

Estimated using PROCEST on time domain data "mydata".
Fit to estimation data: 100% (prediction focus)
FPE: 5.9e-29, MSE: 1.234e-26
More information in model's "Report" property.
```